



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ciencias Biológicas

Unidad de Posgrado

Variación espacial e interanual del fitoplancton durante los veranos australes de la ensenada Mackellar-Isla Rey Jorge, Antártica: 2008-2013

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ecosistemas y
Recursos Acuáticos con mención en Ecosistemas Acuáticos

AUTOR

Maribel BAYLÓN CORITOMA

ASESOR

Mg. Iris Margot SAMANEZ VALER

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Baylón, M. (2019). *Variación espacial e interanual del fitoplancton durante los veranos australes de la ensenada Mackellar-Isla Rey Jorge, Antártica: 2008-2013*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

VICEDECANATO DE INVESTIGACION Y POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO

Exped. N° 174-UPG-FCB-2018

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN LA MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN ECOSISTEMAS Y
RECURSOS ACUÁTICOS**

Siendo las... 15:00 horas del día 8/5/2019... en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas, el Jurado de Tesis presidido por:

Dra. Haydee Montoya Terreros	e integrado por
Dra. Ana Asunción Huamantínco Araujo	(Miembro)
Dr. Marco Antonio Espino Sánchez	(Miembro)
Mg. Iris Margot Samanez Valer	(Asesora)

Se reunió para la sustentación oral y pública de la Tesis para optar al Grado Académico de Magíster en la Maestría de Investigación en Ecosistemas y Recursos Acuáticos, que solicitara la Bachiller Doña **MARIBEL BAYLÓN CORITOMA**.

Después de darse lectura al Expediente N° 174-UPG-FCB-19, en el que consta haberse cumplido con todas las disposiciones reglamentarias, los señores miembros del Jurado, recepcionaron la exposición de la Tesis Titulada:

“VARIACIÓN ESPACIAL E INTERANUAL DEL FITOPLANCTON DURANTE LOS VERANOS AUSTRALES DE LA ENSENADA MACKELLAR-ISLA REY JORGE, ANTÁRTICA: 2008-2013”, y formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por la graduando.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

VICEDECANATO DE INVESTIGACION Y POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO

Acto seguido el Jurado procedió a la votación la que dio como resultado el calificativo de: Mag. Bueno con la nota de 18

A continuación la Presidente del Jurado de Tesis recomienda que la Facultad proponga que la Universidad le otorgue el grado académico de Magíster en la Maestría de Investigación en Ecosistemas y Recursos Acuáticos con mención en Ecosistemas Acuáticos a la Bachiller MARIBEL BAYLON CORITOMA.

Siendo las 16:30 se levantó la Sesión, recibiendo la graduando las felicitaciones de los señores miembros del Jurado y público asistente.

Se extiende la presente Acta en Lima, a los 08 días del mes de Mayo del año 2019.

Dra. Haydee Montoya Terreros
Profesora Principal a T.C.
PRESIDENTE
REGINA N° 13980

Mg. Iris Margot Samanez Valer
Profesora Principal a D.E.
ASESORA
REGINA N° 11166

Dra. Ana A. Huamantínco Araujo
Profesora Principal a T. C.
MIEMBRO
REGINA N° 11442

Dr. Marco Antonio Espino Sánchez
Profesor Principal a T. P.
MIEMBRO
REGINA N° 14459

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Dra. Noemí Ochoa López (QEPD) por sus enseñanzas, apoyo y consejo durante la realización de la presente tesis.

A la Mag. Iris Samanez, por aceptar continuar con la asesoría de mi tesis.

Al Dr. Hernandez Becerril por sus sugerencias y correcciones en el desarrollo de la presente tesis.

Al Proyecto “Biodiversidad del macrobentos y plancton marino en la ensenada Mackellar y la bahía Almirantazgo, isla Rey Jorge – Antártida”, coordinado por el Ministerio de Relaciones Exteriores MRREE (antes INANPE), ejecutado por la Universidad Científica del Sur (UCSUR) con la cooperación del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Dirigido por el Blgo. Aldo Indacochea, docente de la Universidad Científica del Sur.

A los miembros del Laboratorio de Ecología Acuática de la UNMSM: Silvia Aguilar y Orlando Advincula, por su apoyo.

A las Dras. Ana Huamantínco y Haydeé Montoya y Dr. Marco Espino por sus valiosas observaciones y sugerencias en el desarrollo de la tesis.

A mis queridas hermanas y hermano: Yorlina, Rocio, Jeny y Henry por su amistad y apoyo incondicional durante toda mi vida.

A mis queridas hijas, que son la fuente de mi esfuerzo y motivación de cada día.

A Alex, por su amistad, apoyo y consejo en la realización de todos mis objetivos.

Dedicatoria:

A mi madre, Melania Coritoma Quispe, a pesar de tu ausencia, me has acompañado y cuidado durante toda mi vida.

Resumen

La comunidad del fitoplancton y su variabilidad espacial y temporal de la ensenada Mackellar-bahía Almirantazgo, Antártida, en los veranos australes 2008, 2010, 2012 y 2013. Se hicieron muestreos en 11 estaciones a tres profundidades. Las diatomeas fueron sometidas a un tratamiento oxidativo de la materia orgánica para una mejor observación de las estructuras y ornamentación de las valvas. El análisis semicuantitativo se realizó de acuerdo a una escala relativa de abundancia y el análisis cuantitativo se realizó aplicando la metodología de Uthermöhl. La composición total del fitoplancton en la columna de agua incluyó 68 taxones de diatomeas, 14 taxones de dinoflagelados, 3 especies de nanoflagelados ($<20\ \mu\text{m}$), 2 silicoflagelados y 1 cocolitoforido. La alternancia de abundancia entre diatomeas del microplancton ($20\text{-}200\ \mu\text{m}$) y nanoflagelados ($<20\ \mu\text{m}$) fue evidente: en el verano 2008 la abundancia del fitoplancton estuvo dominada por diatomeas (57%) destacando *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (24%), *Fragilariopsis* sp. (9%), *Thalassiosira antártica* (8%), *Pseudonitzschia grupo seriata* (5%) y *Fragilariopsis cylindrus* (5%). En el verano 2010 y 2012 el grupo de los nanoflagelados fue el más abundante, con 87% y 86%, respectivamente. Para el verano 2013 la abundancia del fitoplancton estuvo dominada por diatomeas (59%) como *Thalassiosira delicatula* (36%), *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (9%), *Porosira glacialis* (6%) y el dinoflagelado *Gymnodinium* sp. (19%). La comunidad fitoplanctónica mostró una dominancia de diatomeas en términos del número de taxa. La diversidad del fitoplancton fue baja ($< 1.97\ \text{bits}\cdot\text{célula}^{-1}$) en todos los veranos. La agrupación de las comunidades fitoplanctónicas mediante dendogramas a diferentes niveles de la columna de agua, formaron un grupo principal, con similitud mayor a 50%, evidencia una homogeneidad de la estructura comunitaria. Para evaluar la variación temporal con el análisis de ordenamiento nMDS se evidencia un % de similaridad mayor al 57% dada por la abundancia y la composición de especies de diatomeas y nanoflagelados que difieren de un verano a otro. Factores fisicoquímicos como salinidad, temperatura y pH juegan un papel importante en las comunidades fitoplanctónicas, la disminución de la salinidad en superficie (33.99 UPS-ANTAR XX), el aumento de temperatura superficial (1.62°C -ANTAR XX) y aumento de pH (9.80-ANTAR XXI) observado en la Antártida.

Palabras clave: variación espacial, variación temporal, fitoplancton, Antártida, Mackellar.

Abstract

The Phytoplankton community and its spatial and temporal variability from the Mackellar cove, Almirantazgo bay (Antarctica), were studied in the austral summers of 2008, 2010, 2012, and 2013. The sampling was performed in 11 stations at three different depths. The diatom were subjected to an oxidative treatment of the organic material was performed for a better observation on structure and ornamentations of the valves. The semi-quantitative analysis was carried out following to a relative scale of abundance, and the quantitative analysis following Uthermöhl (1958). The total phytoplankton composition in water column included 68 diatoms taxa, 14 dinoflagellates taxa, 3 nanoflagellates species (<20 µm). 2 silicoflagellates and 1 coccolitoforide. The alternation of abundance between microplanktonic diatoms (20-200 µm) and nanoflagellates (<20 µm) was evident in the studied seasons. In the summer of 2008, the phytoplankton abundance was dominated by diatoms (57%), specially *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (24%), *Fragilariopsis* sp. (9%), *Thalassiosira antártica* (8%), *Pseudonitzschia grupo seriata* (5%) y *Fragilariopsis cylindrus* (5%). In the summers of 2010 and 2012, the phytoflagellates were the most abundant group with 87% and 86% respectively; and in the summer of 2013, the phytoplankton abundance was dominated by diatoms (59%) like *Thalassiosira delicatula* (36%), *Pseudo-nitzschia grupo delicatissima* (9%), *Porosira glacialis* (6%), and the dinoflagellate *Gymnodinium* sp. (19%). The phytoplankton community was dominated by a high number of diatom taxa. The phytoplankton diversity was low (<1.97 bits·cell⁻¹) in all the summer seasons. The grouping of phytoplankton communities by dendrograms at different levels of the water column, showed a main group, with similarity >50%, which is evidence of homogeneity. The main differences between seasons were the dominance of microplanktonic diatoms of the genera *Pseudo-nitzschia* sp. y *Thalassiosira* sp., *Fragilariopsis* sp. and the group of nanoflagellates, which probably were caused by a decrease in the salinity in surface (33.99 UPS-ANTAR XX) and the increase of the superficial temperature (1.66°C-ANTAR XX). Physicochemical factors such as salinity, temperature and pH play an important role in the phytoplankton communities.

Keywords: spatial variation, temporal variation, phytoplankton, Antarctic, Mackellar.

CONTENIDO

I. Agradecimientos.....	II
II. Dedicatoria.....	III
III. Resumen.....	IV
IV. Abstract.....	V
V. Contenido.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 El Tratado Antártico Peruano.....	4
2.2 Composición de la comunidad fitoplanctónica.....	5
2.3 Estacionalidad del fitoplancton antártico.....	7
2.4 EL cambio climático en la Península Antártica.....	7
2.5 Los factores ambientales en las comunidades fitoplanctónicas.....	8
3. HIPÓTESIS.....	11
4. OBJETIVOS.....	11
4.1. Objetivo general.....	11
4.2. Objetivos Específicos.....	11
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
5.1. Materiales.....	12
5.1.1. Material Biológico.....	12
5.1.2. Material Químico.....	12
5.1.3. Materiales de Campo.....	12
5.1.4. Equipos de laboratorio.....	12
5.2. Metodología.....	13
5.2.1. Área de estudio.....	13
5.2.2. Procedimiento de muestreo.....	15
5.2.3. Procesamiento de muestras.....	17
5.2.3.1. Análisis cualitativo (diatomeas).....	17
5.2.3.2. Procedimiento para la destrucción de materia orgánica.....	18
5.2.3.3. Montaje de la muestra de red.....	18
5.2.3.4. Análisis semicuantitativo.....	19
5.2.3.5. Análisis cuantitativo.....	19
5.2.4. Análisis de datos.....	20

5.2.4.1	Riqueza y Diversidad.....	20
5.2.4.2	Variación Espacial.....	21
5.2.4.3	Variación Temporal.....	21
5.2.4.4	Variables Abióticas.....	21
5.2.4.5	Análisis de Componentes Principales (PCA).....	22
6.	RESULTADOS.....	22
6.1.	Variables fisicoquímicas a diferentes niveles en la columna de agua.....	22
6.1.1.	Variables fisicoquímicas en la ANTAR XVIII.....	22
6.1.2.	Variables fisicoquímicas en la ANTAR XIX.....	23
6.1.3.	Variables fisicoquímicas en la ANTAR XX.....	28
6.1.4.	Variables fisicoquímicas en la ANTAR XXI.....	32
6.1.5.	Variación temporal de las variables fisicoquímicas en la ANTAR XIX, XX, y XXI.....	37
6.2.	Composición del fitoplancton colectado con red.....	39
6.3.	Abundancia fitoplanctónica	40
6.3.1.	Abundancia fitoplanctónica ANTAR XVIII.....	41
6.3.2.	Abundancia fitoplanctónica ANTAR XIX.....	42
6.3.3.	Abundancia fitoplanctónica ANTAR XX.....	44
6.3.4.	Abundancia fitoplanctónica ANTAR XXI.....	46
6.4.	Densidades de las ANTAR.....	48
6.4.1.	Densidad ANTAR XVIII.....	48
6.4.2.	Densidad ANTAR XIX, XX, XXI.....	49
6.5.	Riqueza y Diversidad.....	51
6.5.1	ANTAR XVIII y XIX.....	51
6.5.2	ANTAR XX y XXI.....	53
6.6.	Variación espacial según transectos	54
6.6.1.	ANTAR XVIII.....	54
6.6.2.	ANTAR XIX.....	57
6.6.3.	ANTAR XX.....	59
6.6.4.	ANTAR XXI.....	62
6.7.	Variaciones temporales para ANTAR XIX, XX, XXI	65
6.7.1.	Variaciones temporales de la densidad integrada (NMDS).....	65
6.7.2.	Variación temporal de la composición de especies por el método de presencia/ausencia de fitoplancton.....	67

6.8. Análisis de las variables bióticas y abióticas.....	69
6.8.1. Análisis de las variables bióticas y abióticas para ANTAR XIX.....	69
6.8.2. Análisis de las variables bióticas y abióticas para ANTAR XX.....	69
6.8.3. Análisis de las variables bióticas y abióticas para ANTAR XXI.....	70
6.8.4. Análisis de componentes principales (PCA) para ANTAR XIX, XX, y XXI.....	71
7. DISCUSIÓN.....	74
7.1.1 Variables fisicoquímicas.....	74
7.1.2 Variación temporal de las variables fisicoquímicas por ANTAR.....	75
7.1.3 Composición del fitoplancton.....	76
7.1.4 Abundancia fitoplanctonica.....	77
7.1.5 Densidad del fitoplancton.....	79
7.1.6 Diversidad del Fitoplancton.....	80
7.1.7 Variación espacial del fitoplancton.....	80
7.1.8 Variación vertical del fitoplancton.....	81
7.1.9 Variación temporal del fitoplancton.....	82
7.1.10 Análisis de las variables bióticas y abióticas.....	83
8. CONCLUSIONES.....	87
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
10. ANEXOS.....	103

1. INTRODUCCIÓN

El ecosistema antártico presenta un especial interés científico por sus características particulares, ya que mantienen altas concentraciones de nutrientes inorgánicos, que son utilizados por el fitoplancton autótrofo, que es la base de la cadena alimenticia (Torres *et al.*, 2006), y que incluye más de 200 especies de crustáceos, resaltando el “Krill” (pequeños crustáceos de alto contenido proteico que debido a su abundancia llega a teñir de un color rojizo algunas zonas marinas), así como peces, focas, lobos marinos, aves y ballenas.

Rodriguez *et al.* (2002) destaca que el estudio de las comunidades planctónicas en términos de tamaño y estructura es fundamental porque su dominancia relativa tiene que ser tomada en cuenta para el análisis de varios procesos como; la producción fitoplanctónica, el flujo a través del pastoreo y en la evaluación del flujo de carbono en toda la columna de agua.

Desde el punto de vista de la abundancia de fitoplancton muchas áreas marinas del océano sur pueden ser calificadas como oligotróficas (Jacques y Minas, 1981) Sin embargo, esto se contradice con el gran número de organismos reportados en los niveles tróficos de las cadenas alimenticias antárticas. Parte del problema, es probablemente debido a la existencia de mecanismos de enriquecimiento de fitoplancton localizados espacial y temporalmente, los cuales están siendo pasados por alto en estudios con amplias escalas de muestreo en espacio y tiempo (Estrada y Delgado, 1989).

La alta diversidad observada de estos organismos fitoplanctónicos puede ser un indicador del papel relevante que estos organismos tienen en aguas costeras antárticas justo antes de la ruptura de hielo y entre el desarrollo de floraciones fitoplanctónicas (Piquet *et al.*, 2008).

Durante las últimas dos décadas numerosos estudios en el Estrecho de Bransfield y la Isla Elefante analizaron la distribución y estructura de la comunidad fitoplanctónica y su dinámica en relación a las condiciones ambientales. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se refieren a un solo año, resultando

imposible discriminar los patrones de la dinámica del fitoplancton que son anualmente estables de aquellos excepcionales del año estudiado.

La Península Antártica (PA) es una de las regiones del mundo más sensibles al cambio climático (Turner *et al.* 2005), sin embargo, las consecuencias de estos cambios todavía no se entienden completamente. Los cambios ambientales en la región de la PA han estado modificando el espacio y los patrones temporales de la biomasa y composición de fitoplancton (Garibotti *et al.* 2005).

La isla Rey Jorge (la mayor de las islas Shetland del Sur en la Antártida) cuenta con grandes bahías, una de ellas la Bahía Almirantazgo. En la cabecera de la bahía Almirantazgo, el casquete glacial desemboca en tres ensenadas: Ezcurra, Mackellar y Martel. Específicamente para el área de la ensenada Mackellar, zona importante por ser un hábitat protegido y somero, no se han publicado trabajos sobre el fitoplancton, por lo que este estudio complementaría la información de microalgas planctónicas para la Bahía Almirantazgo. Los primeros estudios de fitoplancton en la Bahía Almirantazgo fueron dados por Kopczyńska (1980, 1981, 1996), los cuales ofrecen información de la composición, distribución vertical y estacional del fitoplancton de la Ensenada Ezcurra, brindados por la estación polaca Arctowski. La comunidad fitoplanctónica en la Bahía Almirantazgo mostró una relación directa en los picos de floraciones algales con las condiciones hidrográficas y atmosféricas (Kopczyńska, 1981). Así por mucho tiempo se ha planteado que la sucesión y los picos de fitoplancton en el océano sur son altamente influenciadas por las condiciones oceanográficas, tales como las corrientes, estabilidad de las aguas superficiales, recesión y duración del hielo (Hasle, 1969; Steyeart, 1973). Estudios de hidrografía extensiva en la bahía Almirantazgo han documentado una gran variabilidad de factores locales, tales como la alta velocidad de las corrientes, profundidad de las capas de mezcla y la influencia de aguas del Estrecho de Bransfield (Pruszek, 1980; Rakusa-Suszczewski, 1980, 1993; Szafranski y Lipski, 1982; Catewicz, 1984). La influencia de agua dulce de la tierra (Rakusa-Suszczewski, 1996), fuertes vientos en caída y la morfología de la cuenca de la bahía (Rakusa-Suszczewski y Kidawa, 1997; Robakiewicz y Rakusa-Suszczewski, 1999) pueden también afectar considerablemente las poblaciones de plancton.

El estudio de las variaciones espaciales e interanuales de ensambles fitoplanctónicos a nivel de especie en la ensenada Mackellar- Bahía Almirantazgo, es totalmente desconocido. Respecto a la estacionalidad, se conoce que durante la primavera y verano australes se producen los grandes máximos de producción planctónica, siendo consecuencia directa del aporte de nutrientes procedentes del deshielo y del incremento de la intensidad luminosa, que en latitudes altas pasa de ser prácticamente nula durante el invierno a durar casi las 24 horas del día en primavera (Gili *et al.*, 2000). A estas floraciones de productores primarios suceden las de consumidores primarios: zooplancton herbívoro, como el krill. En muchos casos, los consumidores no agotan la producción primaria, generada en poco tiempo y a gran escala. Una vez terminado el verano y durante el prolongado invierno austral, la oscuridad y la escasez de nutrientes frenan la producción planctónica y, por ende, cortan el suministro vertical de alimento (Gili *et al.*, 2000).

La importancia del presente estudio radica en ser el primero que describe la composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada Mackellar, específicamente para esta área no se han hecho trabajos sobre el fitoplancton por lo que este estudio complementaría la información sobre microalgas planctónicas para la Bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge, Antártida. Las condiciones ambientales extremadamente particulares que caracterizan el ecosistema antártico: ensenada Mackellar, determinan una composición biótica diferente a la de otras latitudes y una serie de mecanismos y procesos fisiológicos, poblacionales y comunitarios aún desconocidos. Por lo cual resulta necesario conocer qué condiciones fisicoquímicas son las que condicionan la dinámica espacial y temporal de las comunidades fitoplanctónicas.

La presente investigación tuvo como objetivo reconocer las comunidades fitoplanctónicas de la ensenada Mackellar-Bahía Almirantazgo, Antártida, estudiar sus variaciones temporales (2008, 2010, 2012 y 2013) espaciales y verticales en la columna de agua (a 3 profundidades) y evaluar las posibles relaciones entre variables ambientales sobre la estructura del fitoplancton.

2. ANTECEDENTES

2.1 El Tratado Antártico

El Estado peruano forma parte consultiva del Tratado Antártico para Protección al Medio Ambiente, el cual entró en vigor desde 1998 y torna al continente una reserva natural destinada a la Ciencia. El tratado prohíbe hasta el año 2047 la exploración económica de los recursos minerales y reglamenta y controla la presencia humana en el lugar. Es por ello que propicia su conservación como una Zona de Paz dedicada a la investigación científica. El Perú para ser miembro del Tratado Antártico implementó la Base Machu Picchu, una estación de investigación científica polar, que tiene como objetivo la realización de estudios geográficos, climatológicos, biológicos, etc en la Antártida. La Base Machu Picchu está ubicada en la bahía Almirantazgo y es administrado por el Instituto Antártico Peruano.

Las Campañas Científicas del Perú a la Antártida (ANTAR) se vienen realizando desde el año 1988 en la bahía Almirantazgo, Estrecho de Bransfield, la Isla Rey Jorge (perteneciente a las Islas Shetland del Sur) y alrededores de la Isla Elefante, ambas vinculadas a la Península Antártica (PA). La Bahía Almirantazgo se ha convertido en un sitio de actividades humanas de diversidad creciente que continuamente están multiplicándose y volviéndose más complejas. Durante los últimos 30 años se han emplazado más estaciones en la zona, que han ido creciendo, y el número de visitantes ha aumentado cada año, pasando de algunos cientos a más de 3.000 (Secretaría del Tratado Antártico, 1996).

Por algunas décadas, el Perú ha registrado escasas publicaciones científicas sobre la abundancia del plancton en las Islas Shetland del Sur, Antártida. En contraste, recientemente se ha producido un incremento de publicaciones sobre estudios del plancton de la Antártida debido al rol ecológico que la producción primaria y secundaria podrían tener en los polos en un escenario de calentamiento global (Sayed, 2005; Bonicelli *et al.*, 2008).

2.2 Composición de la comunidad fitoplanctónica

Las especies que componen el fitoplancton pueden ser clasificadas a través de diferentes enfoques como microscópicos, composición por pigmentos o marcadores moleculares. Un camino simple y fácil para clasificarlos es por categorías basadas en el tamaño celular. Conforme a esto, el fitoplancton puede ser dividido en micro-fitoplancton (200-20 μm de diámetro), nano-fitoplancton (20-2 μm de diámetro) y pico-fitoplancton (2-0.2 μm de diámetro) (Sieburth, 1978).

El micro-fitoplancton presenta características morfológicas inequívocas, tal como frústulos, loricas, esqueletos, etc. El análisis de la diversidad basada en la microscopia ha sido extremadamente útil, este es el caso de las grandes diatomeas y dinoflagelados (Gast *et al.*, 2004). En el caso del nano-fitoplancton, estos nanoflagelados son los más representativos por su abundancia en aguas Antárticas (Weber y El-Sayed, 1987), siendo *Phaeocystis* el género más estudiado por su abundancia, debido a su habilidad por formar densas colonias que flotan en el agua de mar. El pico-fitoplancton es dominado por Prasinophyta y Primnesophyta (Weber y El-Sayed, 1987).

Brandini (1993) estudió el fitoplancton en la Bahía Almirantazgo en el verano 1987, encontrando que las diatomeas (<20 μm) estuvieron dominadas por *Nitzschia cylindrus* con concentraciones que van desde 20 hasta 200 $\times 10^3$ células. Ellos se concentraron entre 10 y 25 m, disminuyendo con la profundidad. *Chaetoceros neglectum*, *Chaetoceros bulbosum* y *Chaetoceros criophilum* estuvieron siempre presentes, pero a concentraciones celulares 2 órdenes de magnitud inferior a *N. cylindrus*. El total de diatomeas de la clase de micro-fitoplancton (> 20 μm) se distribuyeron irregularmente en estaciones a lo largo del perfil, con concentraciones que van hasta 15 000 células. L^{-1} . Ellas se concentraron principalmente en niveles subsuperficiales, entre 10 y 50 m. Las especies dominantes fueron *Nitzschia curta*, *Porosira* sp., *Thalassiosira turnida*, *Odontella weissflogii*, *Eucampia antarctica*, *Rhizosolenia truncata* y *Corethron criophilum*.

La comunidad fitoplanctónica durante el verano austral 1999 en el Estrecho de Bransfield e Isla Elefante se ha caracterizado por la presencia de 111

especies, de las cuales 84 fueron diatomeas (43 centrales y 41 pennales), 22 dinoflagelados, 3 flagelados y 2 silicoflagelados. Entre las diatomeas centrales más frecuentes tenemos a *Thalassiosira* sp., *T. hispida*, *Corethron criophilum*, *Chaetoceros neglectum* y *Actinocyclus chalnoky*. Entre las diatomeas pennales más frecuentes tenemos a las especies *Pseudonitzschia heimii*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* y *Pseudonitzschia prolongatoides*. (Sanchez y Villanueva, 2001).

Torres *et al.* (2006) registraron 39 especies fitoplanctónicas en el entorno de la Península Ford Williams (Isla Greenwich-Shetland del Sur) para el verano austral 2004, con dominancia de diatomeas pennadas y flagelados. Las especies frecuentes fueron *Chaetoceros* sp., *Licmophora abbreviata*, *Navicula* sp *Thalassiosira* sp., *Gymnodinium* sp., y *Gyrodinium* sp.

La XVI Campaña Antártica durante el verano austral 2006 en el Estrecho de Bransfield e Isla Elefante, identifico 101 taxa de fitoplancton, constituido por diatomeas (71), dinoflagelados (27), silicoflagelados (2) y microflagelados. Numéricamente, el grupo más importante fue el de los microflagelados que representó el 79% del fitoplancton, seguido de diatomeas (17%) entre las diatomeas las más abundantes fueron *Fragilariopsis* sp., *Pseudonitzschia prolongatoides* y *Thalassiosira antarctica* (Ochoa *et al.*, 2016)

Sánchez y Villanueva (2001) mostraron cambios marcados en la composición taxonómica del fitoplancton, la cual se caracteriza por una alternancia en la especie dominante dada por las diatomeas o el nanoplancton. En particular, los estudios relacionados con la composición del fitoplancton en el sur de las Islas Shetland y los alrededores de la PA han sido relativamente abundantes (García-Muñoz *et al.*, 2013).

En los estudios realizados por Sanchez y Villanueva (2001) se encuentra un patrón de distribución espacial del fitoplancton a lo largo del estrecho de Bransfield, dado por dos grupos de comunidades; uno correspondiente al borde de la plataforma continental asociado a una dominancia de Pennatas; y el otro en la zona central del Estrecho, con la presencia de diatomeas centrales.

En estudios previos realizados Annet *et al.* (2010) el verano 2006-2007 encontraron comunidades de diatomeas con contribuciones que raramente excedían el 30% para una especie o grupo de especies. El inicio de la temporada se caracterizó por la presencia de grandes diatomeas (>20 µm) del grupo de diatomeas céntricas (29%) y *Eucampia antarctica* (hasta 34%), con aportes periódicos de *Cylindrotheca closterium* (hasta el 22%) y el grupo *Proboscia* (hasta el 23%). A media estación las comunidades de diatomeas eran principalmente grandes especies céntricas (promedio 24%) y *E. antarctica* (hasta 28%), con cantidades crecientes de *Chaetoceros* (*Hyalochaeta*) spp. (hasta el 34%) y algo de *Odontella weissflogii* (alrededor 15%) cerca al final de temporada.

2.3 Estacionalidad del fitoplancton antártico

Al hacer el seguimiento anual de la composición de la comunidad planctónica, los investigadores de la base coreana King Sejong han descubierto que, si durante la primavera y verano australes el plancton está dominado por las explosiones de microplancton (mayoritariamente fitoplancton autotrófico), el resto del año está dominado por organismos del nano y picoplancton heterótrofo (bacterias, flagelados o ciliados). Este segundo tipo de plancton, muy estable, garantiza la presencia de alimento disponible para las comunidades bentónicas en pleno invierno antártico. (Gili *et al.*, 2000). Muchos estudios en la región de la PA tienden a establecer la importancia de fitoplancton de pequeño tamaño (i.e. nanoflagelados) para la producción anual especialmente durante el invierno (Clarke *et al.*, 2008; Garibotti *et al.*, 2005), y las floraciones de verano son principalmente dominadas por diatomeas.

2.4 EL cambio climático en la Península Antártica

La presión antropogénica sobre el cambio climático está obligando a las plataformas de hielo y glaciares de la Antártida a retirarse y en consecuencia, modificar los ecosistemas de la plataforma costera y continental. Por ejemplo, el fitoplancton florece en áreas de aguas recientemente abiertas y los flujos descendentes subsiguientes de materia orgánica fresca establecen las condiciones para la recolonización bentónica del lecho marino (Bertolin y Schloss, 2009; Sañè *et al.*, 2011).

La escorrentía del derretimiento del glaciar libera sedimentos y nutrientes en la columna de agua que puede ambos, estimular o dificultar la fotosíntesis y también afectar la vida bentónica (Grange y Smith, 2013). Los enormes icebergs de las plataformas de hielo pueden recorrer el fondo marino a varios cientos de metros de profundidad y remover la vida bentónica que se encuentre en su camino, pero también puede estimular o dificultar la vida, especialmente la producción primaria, en el ambiente pelágico (Arrigo *et al.*, 2012; Gutt *et al.*, 2011, 2013c).

Se espera que el efecto de los parámetros físicos y químicos en estos ecosistemas recién emergidos varíe con el tiempo (Sañè *et al.*, 2013; Sahade *et al.*, 2015). Por ejemplo, el agua puede estar cada vez más disponible en una región en particular debido a la entrada directa de agua del deshielo de los glaciares en retroceso, mientras que las condiciones pueden volverse más secas en escalas de tiempo más largas cuando el frente de hielo se retira y las fuentes locales de agua se agotan (Gutt *et al.*, 2018)

2.5 Los factores ambientales en las comunidades fitoplanctónicas

La materia orgánica en el océano antártico está confinada a los primeros metros superficiales, hasta donde penetra la luz solar. Los organismos fotosintetizadores del plancton, productores primarios del océano, fijan, gracias a la energía luminosa, el carbono inorgánico disuelto en el agua de mar y lo transforman en moléculas orgánicas sencillas, pilares básicos que les permitirán vivir, crecer y reproducirse (Gili *et al.*, 2000)

Garibotti *et al.* (2005), encontraron que, a lo largo de la costa oeste de la PA la biomasa autótrofa fue baja y el pico-nanoplancton dominó la comunidad fitoplanctónica. El principal patrón de variación del fitoplancton se encontró a lo largo de un gradiente costa/océano determinado por la estabilidad de la columna de agua. La biomasa fitoplanctónica disminuyó gradualmente de la costa hacia aguas abiertas, patrón que se encontró asociado a variaciones en la profundidad de la capa de mezcla.

Ochoa *et al.* (2002), concluyeron que en la ensenada Mackellar la menor diversidad de fitoplancton estuvo asociada a altas densidades por parte del grupo de “nanoflagelados”. La comunidad se encontró homogéneamente distribuida (similaridad entre muestras, mayor de 60%). Encontraron tres componentes principales que definen las características ambientales explicando el 70% de la variación total. El primer componente recoge al mismo tiempo los procesos relacionados con el régimen de hielos (temperatura, pH y salinidad) y la dinámica de nutrientes (nitritos, nitratos, silicatos y fosfatos). El segundo y tercer componente reflejan procesos de turbidez y requerimientos de oxígeno de la bahía. Así mismo, encontraron que la comunidad se caracteriza por una avidez en el aprovechamiento de nutrientes debido a que la comunidad se encuentra en un estado de activo crecimiento.

Borges *et al.* (2012) mostraron que la distribución espacial de la comunidad fitoplanctónica alrededor de la PA, en particular en las regiones más septentrionales, son muy complejas y están sujetas a factores ambientales que pueden determinar su composición y etapas de sucesión. Las diatomeas fueron los principales contribuyentes a la biomasa de Chl-a en áreas supuestamente afectadas por los procesos de fusión de hielo, como se observa en el mar de ROSS. Probablemente los procesos de fusión del hielo mejoran la entrada de hierro en agua de mar, lo que provoca el crecimiento de las grandes diatomeas (ambos, células aisladas y colonias).

Annet *et al.* (2010), encontraron que la primnesofita *Phaeocystis antartica* dominó numéricamente después de mezclas moderadas (>10m). La abundancia relativa de *Minidiscus chilensis* se limita a la primera fase de la productividad del verano, mientras que los aumentos en biomasa de *Chaetoceros* spp (Hyalochaeta) se atribuyó a eventos de introducción de nutrientes. La abundancia de la gran diatomea bidulfoide *Odontella weissflogii*, varió con los niveles de nutrientes, pero también se requiere del desarrollo de una estabilidad en la columna de agua. Este estudio documenta una extensa floración de la diatomea *Proboscia inermis*, se cree que es el primer reporte de que esto ocurra. Las asociaciones de diatomeas mostraron progresiones dentro de cada estación;

temprana, media y tardía, debido a que se encuentra en distintos estadios de la sucesión estacional.

La interacción entre hidrografía y topografía está siendo considerada como uno de los más importantes factores que están influyendo en la acumulación de las floraciones planctónicas en aguas antárticas (Hayes *et al.*, 1984). En toda esta región y en las zonas de hielo marino de los márgenes Antárticos, muchos estudios han encontrado correlaciones significativas entre la estabilidad de la columna de agua y la productividad primaria (Garibotti *et al.*, 2003a; Kang y Lee, 1995). Esto podría ser el resultado de comunidades algales dominadas por diatomeas, ya que, en esta región, las diatomeas están asociadas a condiciones bien estratificadas (Arrigo *et al.*, 1999).

La temperatura es un parámetro clave que afecta directamente las tasas fisiológicas de la biota marina a múltiples escalas, por ejemplo, reacciones enzimáticas, respiración, tamaño corporal, tiempo de generación, interacciones ecológicas, metabolismo comunitario, etc. (Peters, 1983). Si el fitoplancton experimenta un aumento en la actividad enzimática por ende en la tasa de crecimiento (Eppley, 1972), sin embargo, considerando la complejidad polifilética de la comunidad fitoplanctónica, el impacto de la temperatura en las tasas metabólicas es intrincado por las especies individuales vulnerables al calentamiento (Huertas *et al.* 2011). Consecuencias adicionales del aumento de las temperaturas está relacionado con la germinación de las esporas en reposo en sedimentos (Shikata *et al.* 2008). El aumento tanto de la temperatura del agua como de las intensidades de luz bajo el agua también se consideran importantes para el medio ambiente desencadenando las floraciones de diatomeas de verano y primavera en ambientes poco profundos (Eilertsen *et al.* 1995).

La salinidad co-varía estrechamente con la temperatura y también tiene importantes implicaciones en la fisiología del plancton, afectando la germinación de las etapas de reposo, en las tasas de crecimiento y desarrollo de floraciones en aguas costeras (McQuoid 2005, Shikata *et al.* 2008). Las especies de fitoplancton tienen diferentes tolerancias a las variaciones en la salinidad y temperatura (Gebühr *et al.* 2009, Huertas *et al.* 2011), que definen la densidad y

viscosidad del agua, y forma la difusión de nutrientes y la motilidad celular (Falkowsky y Oliver 2007, Finkel *et al.* 2010). Por lo tanto, los cambios en estos parámetros afectan los nichos ecológicos y las interacciones entre especies conduciendo a cambios en la estructura y composición de la comunidad (Litchman *et al.* 2007). Las condiciones cambiantes también favorecen el desarrollo de rápido crecimiento. Especies oportunistas, capaces de explotar nichos abiertos y establecer dominancia en el sistema (Cloern y Dufford 2005).

3. HIPOTESIS

La variabilidad espacial e interanual de la comunidad fitoplanctónica en la ensenada Mackellar, Isla rey Jorge-Antártica está asociada a las condiciones fisicoquímicas encontradas en el ecosistema Antártico en los veranos australes 2008, 2010, 2012 y 2013.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar la variación espacial e interanual de las principales comunidades del fitoplancton durante los veranos australes de los años 2008, 2010, 2012 y 2013 en la ensenada Mackellar - Isla Rey Jorge, Antártica, y las variaciones fisicoquímicas que la asocian.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la composición y abundancia del fitoplancton de la ensenada Mackellar durante cuatro veranos australes.
- Establecer las características de la distribución espacial e interanual de las principales comunidades del fitoplancton, en la ensenada Mackellar.
- Relacionar los patrones de distribución con los factores físico-químicos que la asocian.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material biológico

- 33 muestras cualitativas de agua de mar filtradas con red de fitoplancton.
- 132 muestras de agua de mar tomadas con botella Niskin.

5.1.2 Material químico

- Alcohol al 96%
- Formol al 40%
- Lugol ácido
- Peróxido de Hidrogeno 30%
- HCL 10%
- Resina Zrax, I.R. =1.71

5.1.3 Materiales de campo

- Baldes de 20 litros
- Bolsas plásticas de diferentes tamaños
- Potes de plástico tapa rosca de boca ancha de 500 mL
- Frascos de plástico tapa rosca de 300 mL
- Red estándar de Fitoplancton de 65 μm
- Botella Niskin
- Multíparámetro
- GPS
- Cámaras de sedimentación tipo Utermohl
- Contadores manuales

5.1.4 Equipos de laboratorio

- Microscopio invertido marca Leica de la UNMSM
- Capturador de imagen Leica Application Suite versión 1.6.0

5.2 Metodología

5.2.1 Área de estudio

El área de estudio está localizada en la ensenada MacKellar-Bahía del Almirantazgo (BA). La BA es la bahía más grande de la Isla Rey Jorge, Islas Shetland del Sur, cubriendo un área de 120 km². Se encuentra entre los 62°04'-62°14'S y 58°14'-58°38'W a 750 km al sur-este de América del Sur (Fig. 1a, 1c y 1d). El estudio abarcó toda el área de la ensenada Mackellar sobre la cual se establecieron 11 estaciones de muestreo. Las estaciones E01, E02, E03 y E04 situadas en el primer transecto de la ensenada, colindante a los glaciales; las estaciones E05, E06, E07 y E08 en el segundo transecto y las estaciones E09, E10 y E11 en el tercer transecto, la entrada de la ensenada (Fig. 1b) La localización geográfica de cada una de las estaciones se muestra en la Tabla 1.

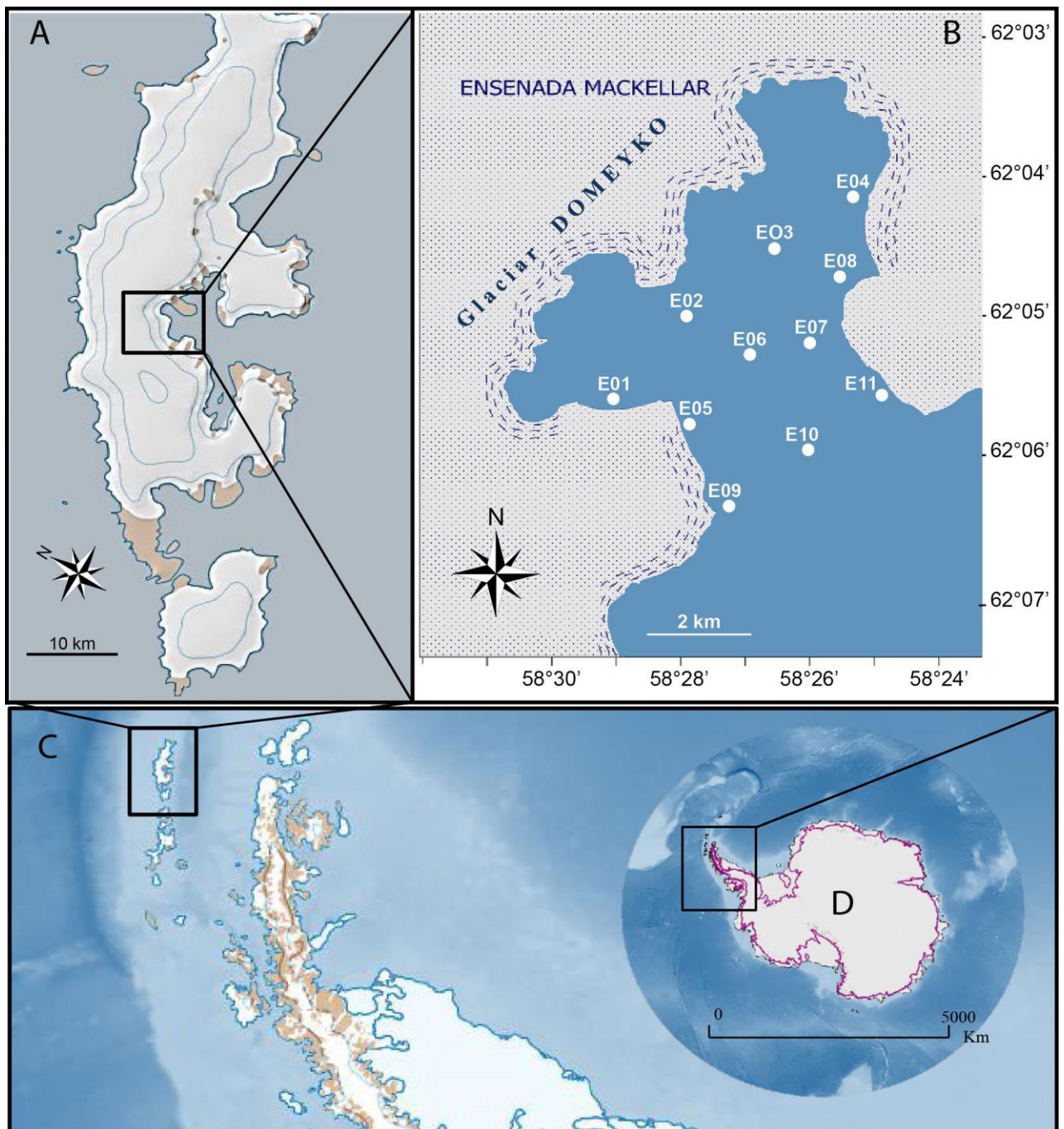


Figura 1. Mapa de ubicación de la Ensenada MacKellar-Bahía del Almirantazgo. **A:** Isla Rey Jorge con el encuadre de la ensenada Mackellar; **B:** Estaciones de muestreo en la Ensenada Mackellar; **C:** Isla Rey Jorge; **D:** Antártida con el encuadre de la Península Antártica.

Tabla 1. Ubicación de las estaciones biológicas durante las Campaña Científicas del Perú a la Antártida-ANTAR XVIII, XIX, XX y XXI.

Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Profundidad (m)
E01	62°05'7.4"	58°29'0.5"	41
E02	62°04'14.05"	58°27'14.9"	35
E03	62°04'3.6"	58°26'0.5"	35
E04	62°04'0.3"	58°25'5.1"	30
E05	62°05'39"	58°27'53.9"	44
E06	62°05'2.1"	58°26'15.4"	40
E07	62°05'0.3"	58°25'16.5"	44
E08	62°04'33.1"	58°25'29.4"	30
E09	62°06'09.6"	58°27'17"	22
E10	62°06'10"	58°27'04.2"	66
E11	62°05'24.8"	58°24'53.5"	30

5.2.2 Procedimiento de muestreo

Los muestreos fueron realizados del 18 al 21 de diciembre de 2007 para el verano austral 2008 (ANTAR XVIII), del 20 al 25 de febrero para el verano austral 2010 (ANTAR XIX), del 20 al 22 de enero para verano austral 2012 (ANTAR XX) y del 2 al 6 de febrero para el verano austral 2013 (ANTAR XXI). El trabajo se realizó a bordo de una embarcación tipo Zodiac. Se colectaron muestras de agua (botellas Niskin de 5 L de capacidad) en los tres niveles de la columna de agua para ANTAR XVIII, a 0, 15 y 30 m de profundidad para ANTAR XIX y para los Antares XX y XXI a 0, 10 y 20 m de profundidad, para la determinación cuantitativa de fitoplancton (Tabla 2). Las muestras obtenidas se fijaron con formalina hasta tener una concentración final del 0.4%. Adicionalmente se midieron las variables ambientales de la columna de agua en los tres transectos: temperatura, salinidad, oxígeno y pH, con ayuda de una sonda multiparámetro de campo HANNA® HI 9828 (Figura 2).

También se colectaron muestras de red arrastrando la red estándar de 65 μ m de abertura de malla (Figura 3) durante 5 minutos por la banda de estribor de la zodiac a velocidad mínima de 3 nudos para la determinación cualitativa y semicuantitativa de fitoplancton. Las muestras obtenidas se fijaron con formalina

hasta tener una concentración final del 4%. Cabe mencionar que para la expedición científica Antar XVIII no se tomaron muestras de red (Tabla 2).

Tabla 2. Número y fecha de colecta de muestras de fitoplancton revisadas por tipo de muestreo; botella (profundidad de muestreo) y red para ANTAR XVIII, XIX, XX y XXI.

ANTAR	Verano Austral	Fecha	Botella	Profundidad	Red
XVIII	2008	18-21 dic 2007	33	0m, media agua y fondo	-
XIX	2010	20-25 feb 2010	33	0, 15 y 30 m	11
XX	2012	20-22 ene 2012	33	0, 10 y 20 m	11
XXI	2013	2-6 feb 2013	33	0, 10 y 20m	11



Figura 2. Registro de datos fisicoquímicos y toma de muestras de fitoplancton cuantitativo con botella Niskin.



Figura 3. Toma de muestra con red de fitoplancton.

5.2.3 Procesamiento de muestras

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Ecología Acuática y Laboratorio de Hidrobiología y Pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

5.2.3.1 Análisis Cualitativo (diatomeas)

Las diatomeas fueron identificadas hasta el nivel de género o especie, para ello parte de las muestras de red fueron sometidas a un tratamiento oxidativo, el cual fue tratado con peróxido de hidrogeno (H_2O_2) 30% y ácido clorhídrico (HCl) 10% que disuelve la materia orgánica y carbonatos respectivamente. Este procedimiento oxidativo, es necesario para una mejor observación de las estructuras y ornamentación de las valvas de diatomeas. Una vez finalizado los lavados, parte del material fue montado en preparados permanentes utilizando la resina con alto índice de refracción Zrax, I.R. =1.71 (Ferrario et al, 1995).

5.2.3.2 Procedimiento para la Destrucción de la Materia Orgánica (Método de Oxidación con Ácidos)

Se tomó una alícuota de cada una de las muestras de red con una pipeta pasteur. El protocolo se sintetiza a continuación:

1. Colocar 1 ml de muestra en tubos de ensayo.
2. Agregar 1 ml de HCl (10%) y H₂O₂ 30% hasta la mitad del tubo de ensayo.
3. Llevar a ebullición en Baño María (130°C) bajo una campana extractora de gases, el tiempo de exposición dependerá de la cantidad de materia orgánica de la muestra (en nuestro caso entre 1-2 horas).
4. Al terminar la reacción, se enrasó los tubos de ensayo con agua destilada (dejar sedimentar 48 horas).
5. Decantar el sobrenadante y enrasar con agua destilada, dando inicio a los enjuagues. Esta operación de enjuague de la muestra se repite varias veces, hasta que la muestra quede libre de ácidos.

5.2.3.3 Montaje de la muestra de red

- Colocar los cubreobjetos previamente lavados con alcohol en un hot plate.
- Colocar en cada cubreobjeto entre 100 ul de muestra tratada.
- Colocar unas 10 gotas de agua destilada en la muestra tratada, seguido de unas gotas de alcohol al 50% hasta lograr dispersar la muestra en toda la lámina y dejar secar.
- Agregar de 1 gota de medio de montaje en una lámina portaobjeto, previamente lavado con alcohol.
- Invertir el portaobjeto sobre el cubreobjeto.
- Dejar el preparado en el hot plate caliente, para que la resina se extienda hacia los límites del cubreobjetos y penetre bien la muestra.
- Eliminar las burbujas de aire que pueden haber quedado retenidas en el preparado por el calentamiento.
- Las láminas fueron rotuladas y guardadas en cajas organizadoras porta-láminas hasta su observación al microscopio compuesto.

5.2.3.4 Análisis semicuantitativo

Para el análisis semicuantitativo las muestras de red fueron observadas al estereoscopio y microscopio. Se realizó un listado de todas las especies que se registran en cada muestra, determinándose la abundancia relativa de las especies presentes de acuerdo a la escala según metodología dada en Rojas de Mendiola *et al.* (1985): 4=muy abundante, 3=abundante, 2=escaso, 1=presente y 0=ausente. Este análisis nos permitió determinar la composición fitoplanctónica y el % de frecuencia para ANTAR XIX, XX y XXI.

5.2.3.5 Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo se realizó bajo un microscopio invertido (Figura 4), aplicando la metodología de Utermöhl (1958). Las muestras de agua fueron homogeneizadas suavemente para luego colocar una submuestra en cilindros de sedimentación de 50 ml, por espacio de 48 horas (Figura 5) Para realizar los conteos de las especies muy abundantes y menores de 20 μm se emplearon 400x aumentos en un área de 86,75 mm^2 , los organismos mayores a 20 μm y poco abundantes fueron contados en toda la cámara a 200x aumentos. Los resultados obtenidos se dieron en número de células por litro ($\text{N}^\circ \text{cél. L}^{-1}$).

Debido a que no fue posible determinar todos los organismos encontrados, como el caso del grupo de nanoflagelados atecados ($< 20 \mu\text{m}$) se les agrupó como “Microflagelados sp.” pertenecientes a los grupos taxonómicos Prasinophyceae y Cryptophyta. Los dinoflagelados y las Haptophyta no se incluyeron dentro del grupo de los nanoflagelados. Para la identificación de las microalgas se emplearon las obras de los autores Frenguelli (1943), Balech (1944), Frenguelli & Orlando (1958), Balech (1976), Sournia *et al.* (1979), Priddle & Fryxell (1985), Medlin & Priddle (1990), Round *et al.* (1990), Hasle & Syvertsen (1997), Steidinger & Tangen (1997).

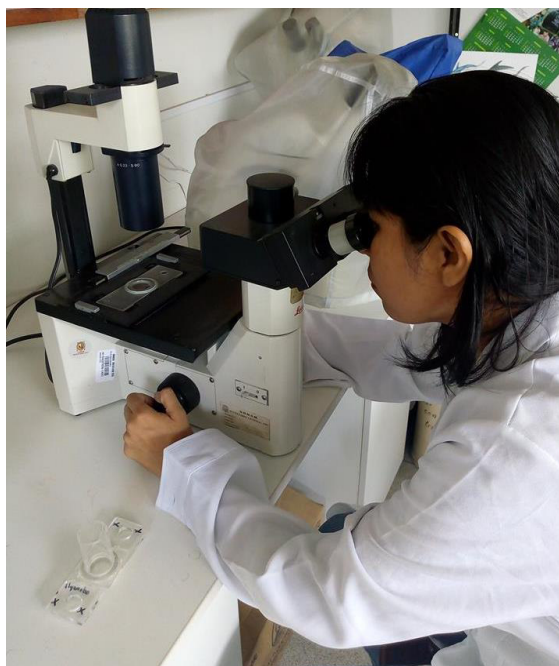


Figura 4. Análisis cuantitativo aplicando la metodología de Utermöhl usando un microscopio invertido.

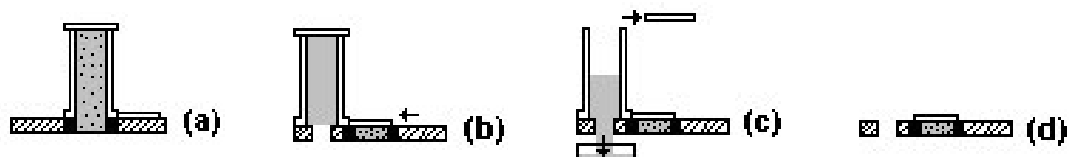


Figura 5. Esquema que ilustra los pasos para la aplicación de la metodología de Utermöhl (1958).

5.2.4 Análisis de datos

5.2.4.1 Riqueza y Diversidad

Se calcularon las métricas univariadas: índice de Shannon (H') (Shannon y Wiener, 1949), número de especies y abundancia. El Índice de diversidad de Shannon-Wiener expresa el grado de uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies presentes en la muestra (Magurran, 2001). Para el cálculo del índice se utilizó el logaritmo en base dos (\log_2) y su unidad expresada en bits/ individuo.

5.2.4.2 Variación Espacial

Con el fin de establecer patrones de distribución espacial se sometieron los datos (matrices para cada profundidad) al análisis de clasificación jerárquica (cluster) en base a una matriz de similitud entre muestras elaborada a partir de los índices de Bray-Curtis y expresado en un dendrograma usando el método de agrupamiento UPGMA, aplicando el Software Primer 6.1.6 (Clarke y Warwick, 2001).

Para observar la configuración espacial de cada comunidad se utilizó el escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) el cual tuvo como base la matriz de similitud generada para el análisis de clasificación. El valor de Stress obtenido se interpretó según los criterios señalados por Kruskal (1964). Para reforzar los resultados obtenidos por la representación gráfica del nMDS se sometieron los datos al análisis de similitud (ANOSIM), esto implica que las profundidades de un mismo tipo de ambiente son más parecidos entre sí.

5.2.4.3 Variación temporal

Para evaluar la variación temporal primero se confeccionaron matrices integrando los valores de densidad de los tres niveles de la columna de agua y se sometió al análisis de ordenamiento NMDS y para reforzar los resultados al análisis de similitud (ANOSIM). Respecto al valor global, este fue interpretado por $R > 0.75$.

5.2.4.4 Variables Abióticas

Para graficar los transectos de la distribución espacial de los parámetros ambientales se utilizó el programa de interpolación SURFER 14. Para evaluar si las variables fisicoquímicas son diferentes para cada una de las expediciones antárticas se sometieron los datos a la prueba estadística Kruskal Wallis ($\alpha < 0,05$) la cual consiste en probar si un grupo de datos proviene de una misma población.

5.2.4.5 Variables abióticas vs. variables bióticas

Las relaciones entre las densidades fitoplanctónicas y las variables fisicoquímicas fueron evaluadas mediante la correlación no paramétrica de Spearman. Todas estas pruebas fueron obtenidas con el programa SPSS versión N°15 (<https://www.ibm.com/products/spss-statistics>)

5.2.4.6 (Análisis de Componentes Principales (PCA))

Para evaluar los parámetros ambientales con la abundancia del fitoplancton para cada ANTAR se usó la prueba de Análisis de Componentes Principales (PCA) la cual consiste en reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos hallando las causas de variabilidad del conjunto y ordenándolos por importancia, en otras palabras, nos permitió encontrar que variables fisicoquímicas mostraron mayores correlaciones con la abundancia del fitoplancton para los veranos australes estudiados.

6. RESULTADOS

6.1 Variables fisicoquímicas a diferentes niveles en la columna de agua

6.1.1 Variables fisicoquímicas en la ANTAR XVIII-VeranoAustral 2008.

En la expedición científica Antar XVIII se evaluó la temperatura (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de temperatura durante la expedición científica ANTAR XVIII, en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge. * No se registró debido a las condiciones ambientales.

Estaciones	Prof (m)	Temperatura (°C)	Estaciones	Prof. (m)	Temperatura (°C)
1	0	2.7	7	0	*
	20	0.5		20	*
	41	0.5		44	*
2	0	1	8	0	*
	17.5	0.8		15	*
	35	0.5		30	*
3	0	1.2	9	0	1.3
	17.5	0.9		11	0.9
	35	0.8		22	0.7
4	0	*	10	0	*
	15	*		33	*
	30	*		66	*

	0	2.5		0	1.5
5	22	0.8	11	15	0.8
	44	0.5		30	0.5
	0	*			
6	20	*			* No se registró.
	40	*			

6.1.2 Variables fisicoquímicas en la ANTAR XIX-Verano Austral 2010.

En la expedición científica Antar XIX se evaluaron cuatro variables fisicoquímicas, temperatura, salinidad, oxígeno y pH (Anexo 1).

En el verano 2010 la temperatura superficial presentó un valor promedio de 0.84 °C, presentando los valores más bajos en el transecto 1 (estaciones E1, E2, E3 y E4 colindantes a los glaciales) (Figura 6) y transecto 2 (E4, E5, E6 y E7) (Figura 7), mientras que en el transecto 3 (estaciones E9, E10 y E11 en la entrada de la ensenada) se presentaron los valores más altos (Figura 8). A 15 m la temperatura superficial presentó un valor promedio de 1.12 °C y a 30 m la temperatura presentó un valor promedio de 1.07 °C, caracterizándose por los valores más bajos en los transectos 1 y 2 (Tabla 4).

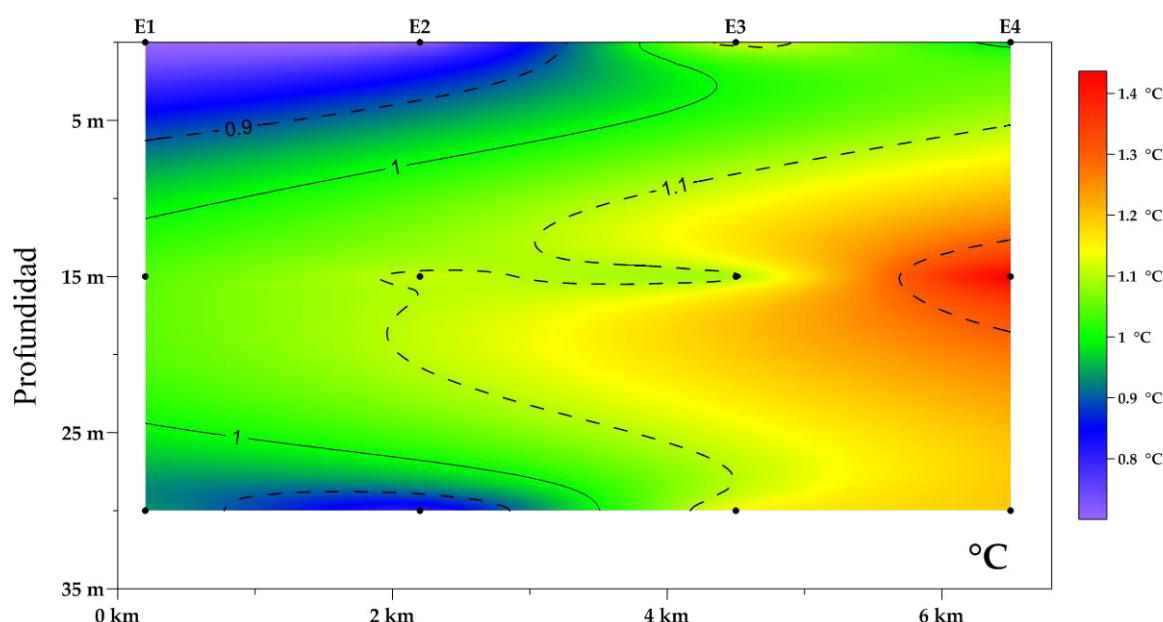


FIGURA 6. Valores de temperatura (°C) para el Transecto 1 (Transecto 1= E01, E02, E03 y E04) durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

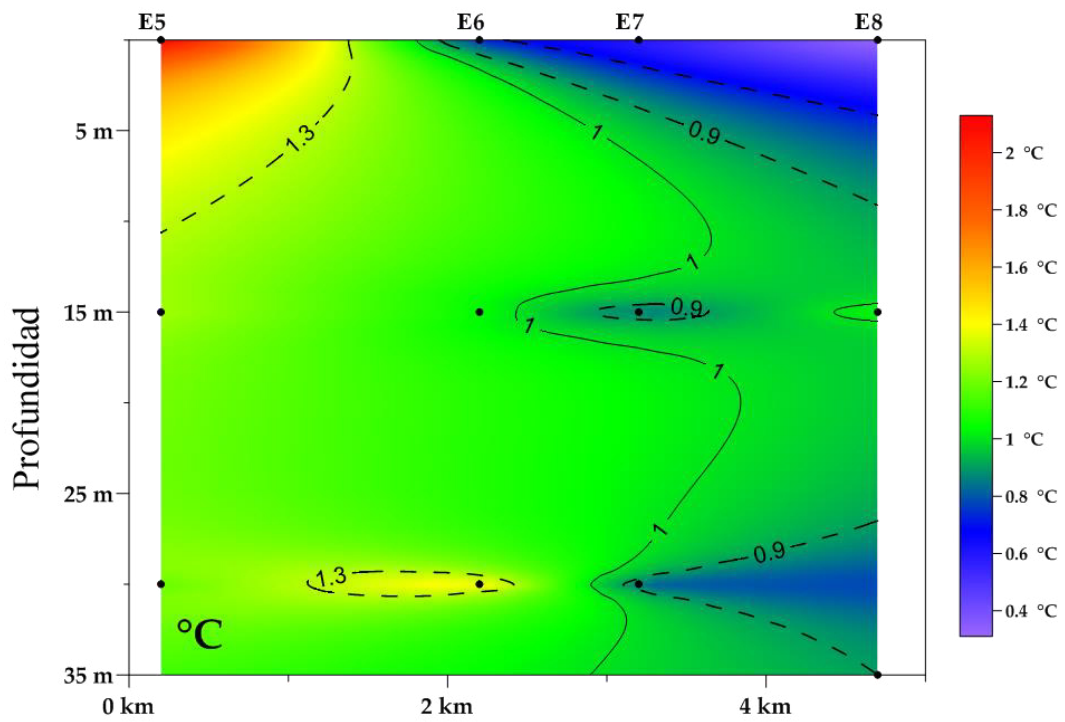


FIGURA 7. Valores de temperatura (°C) para el Transecto 2 (Transecto 2=E05, E06, E07 y E08) durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

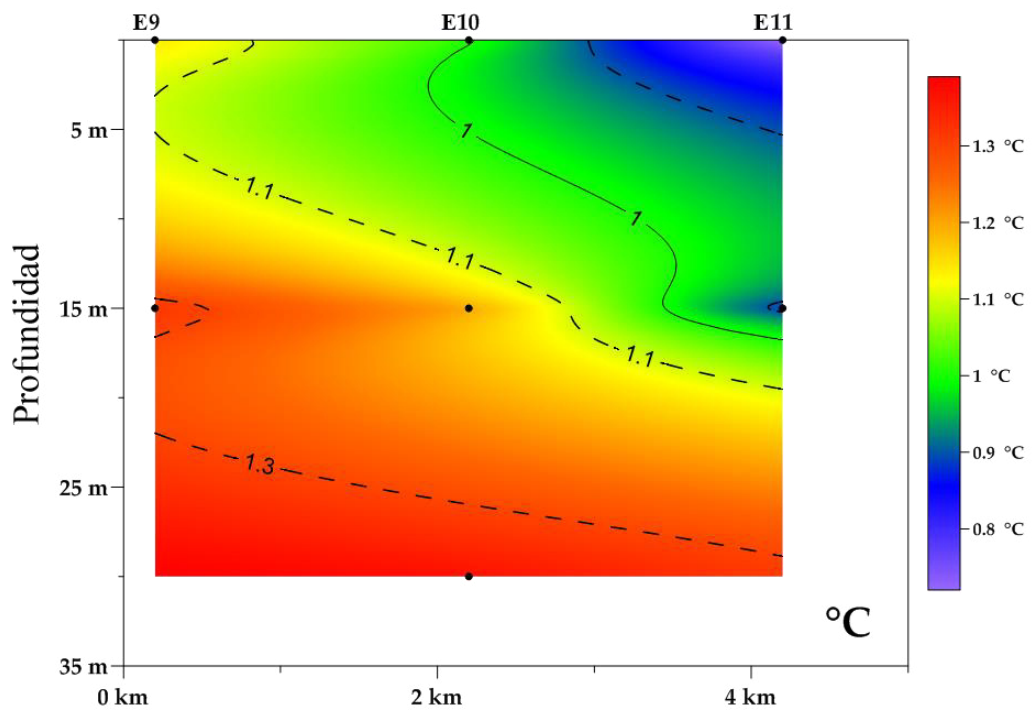


FIGURA 8. Valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para el Transecto 3 (Transecto 3= E09, E10 y E11) en la entrada de la ensenada durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Para el verano 2010 la salinidad promedio superficial fue de 33,2 UPS, para los 10 m de profundidad hubo un valor promedio de 33.56 UPS y para los 20 m de profundidad hubo un valor promedio de 33.50 UPS (Tabla 4) Se evidenció entre estratos una variación de la salinidad promedio en los tres transectos, evidenciando los menores valores de salinidad en la superficie (Figura 9,10 y 11).

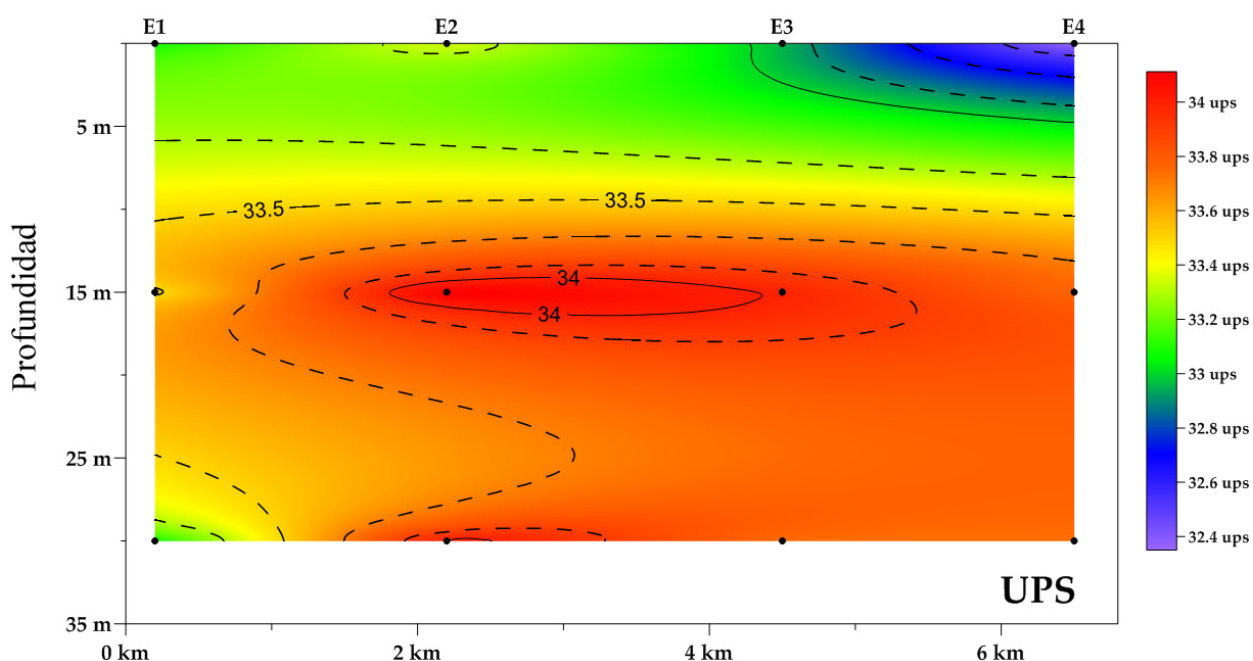


FIGURA 9. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 1 (Transecto 1= E01, E02, E03 y E04) durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

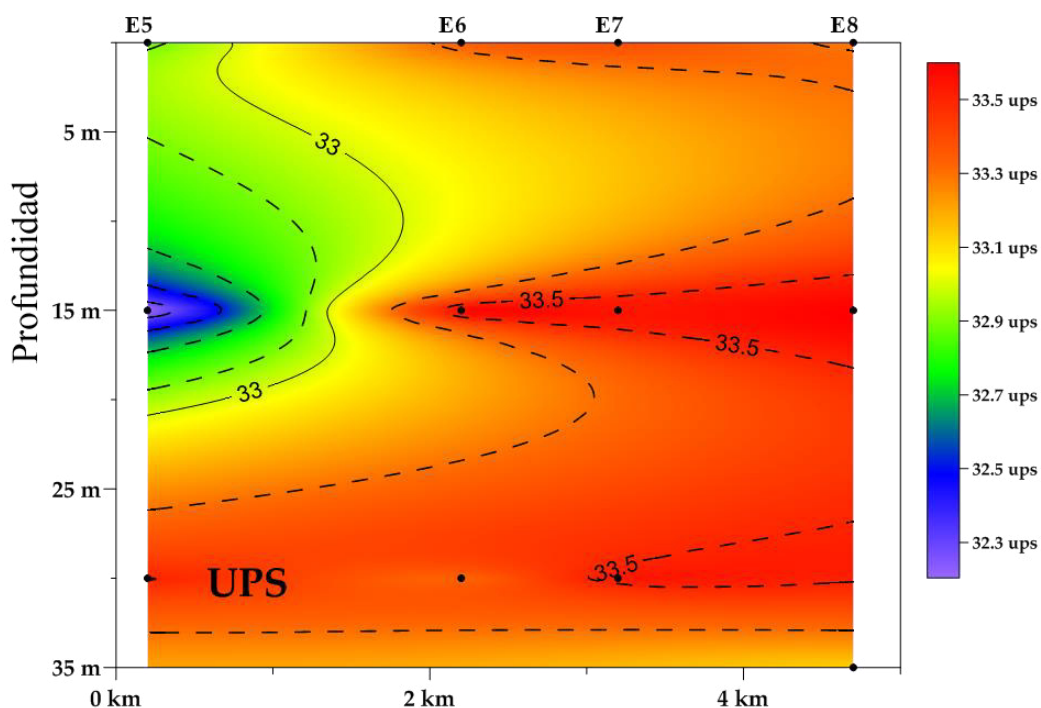


FIGURA 10. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 2 (Transecto 2=E05, E06, E07 y E08) durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

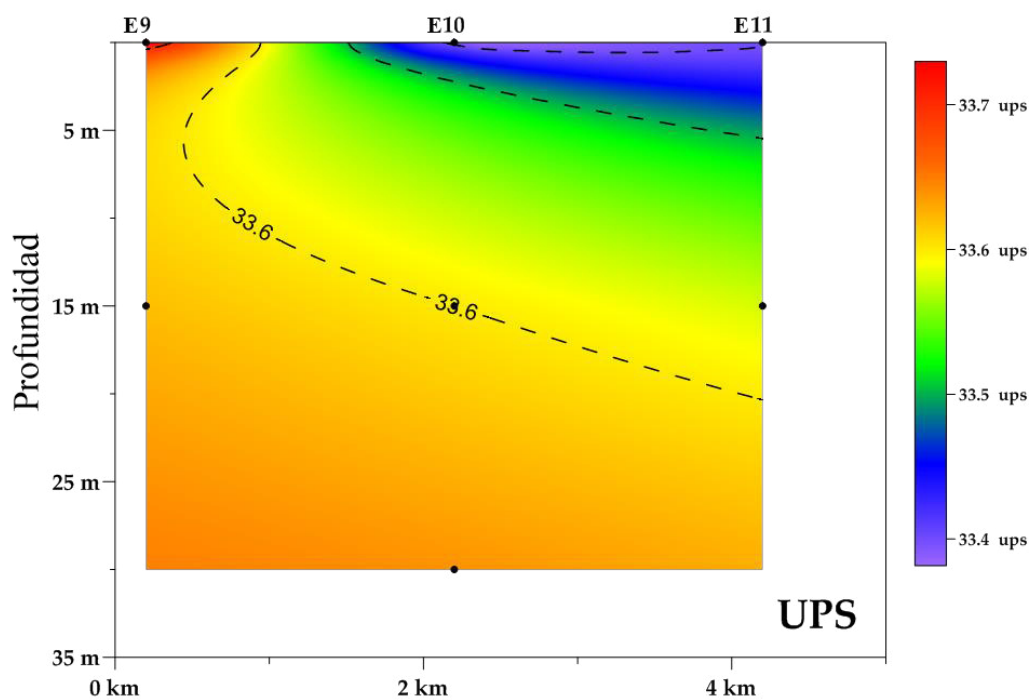


FIGURA 11. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 3 (TRANSECTO 3= E09, E10 y E11) durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

El oxígeno y pH tuvieron muy pequeñas variaciones a lo largo de la ensenada (Tabla 4).

Tabla 4. Variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno y pH) durante la expedición científica ANTAR XIX-verano 2010, con sus valores mínimos, máximos, promedios con relación a la profundidad (m).

Prof. (m)		Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno (mg.L ⁻¹)	pH
0	Min	0.31	32.35	9.67	7.61
0	Max	1.14	33.73	11.17	8.82
0	Prom	0.84	33.2	10.23	8.18
15	Min	0.88	32.15	9.5	7.34
15	Max	1.45	34.13	16.7	9.1
15	Prom	1.12	33.56	10.67	8.1
30	Min	0.8	33.07	9.54	7.62
30	Max	1.44	34.04	10.82	10.55
30	Prom	1.07	33.5	10.21	8.39

En base a los resultados de los parámetros fisicoquímicos de la expedición ANTAR XIX se observa que existen diferencias significativas en registros de salinidad entre los niveles de agua ($p < 0.05$; $H = 8.81$), en donde se observan menores valores de salinidad a nivel superficial comparado a los de 15 y 30 m. Los otros parámetros (temperatura, oxígeno y pH) no muestran diferencias significativas (Tabla 5).

Tabla 5. Resumen de la prueba de comparación de medias Kruskal-Wallis, entre los Parametros (temperatura, salinidad, oxígeno y pH) y los niveles de la columna de agua (S=0m, M=15m, F=30m) para ANTAR XIX (verano 2010) (H: estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis, p: valor de probabilidad, sig: significancia)

Parámetro	H	p	Sig.	Grupos Homogéneos
Temperatura	4.71651	0.0945851	NS	
Salinidad	8.80751	0.0122313	*	<u>S</u> ; <u>M,F</u>
Oxígeno	0.814837	0.665366	NS	
pH	0.228078	0.892223	NS	

6.1.3 Variables fisicoquímicas en el ANTAR XX

En la expedición científica Antar XX se evaluaron cuatro variables fisicoquímicas, temperatura, salinidad, oxígeno y pH (Anexo 2).

En el verano 2012 la temperatura superficial presentó un valor promedio de 1.63°C, caracterizándose por presentar los mayores valores de temperatura en superficie, especialmente los menores valores de temperatura se ubican en el Transecto 1 (cerca de los hielos) y los mayores valores en el Transecto 3 (Figura 12, 13 y 14).

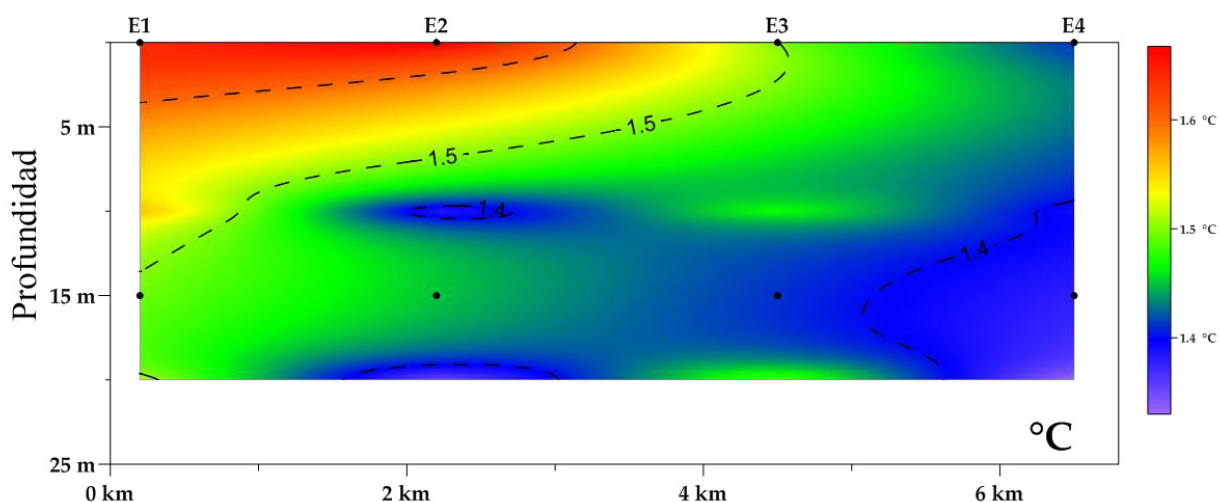


FIGURA 12. Valores de temperatura (°C) para el Transecto 1 (Transecto 1= E01, E02, E03 y E04) durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

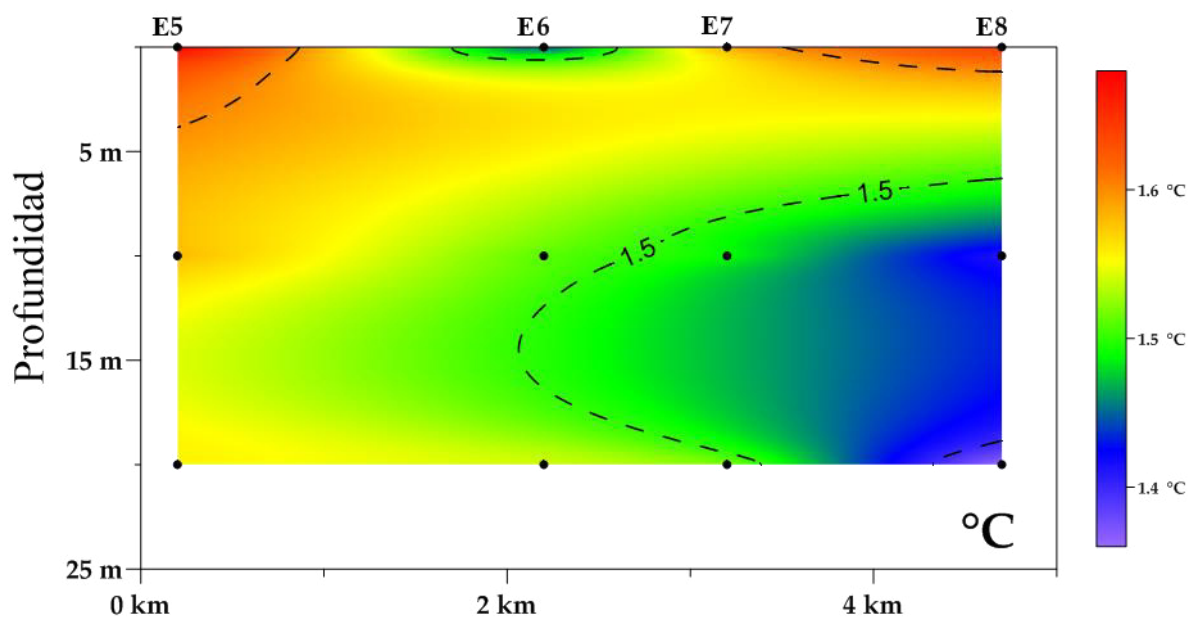


FIGURA 13. Valores de temperatura (°C) para el Transecto 2 (Transecto 2=E05, E06, E07 y E08) durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

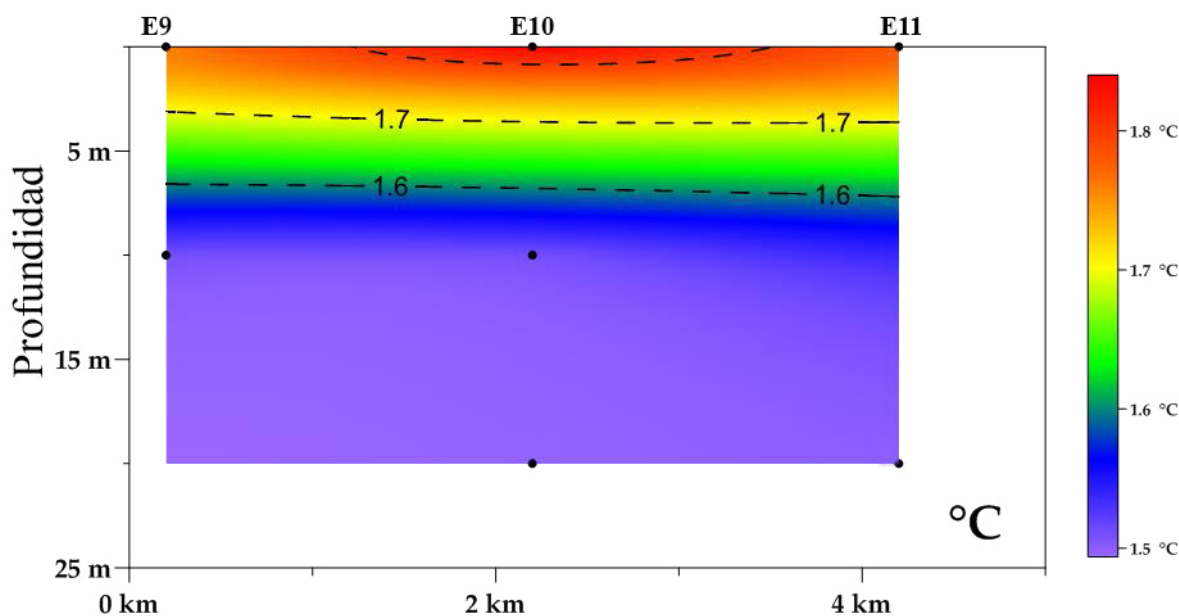


FIGURA 14. Valores de temperatura (°C) para el Transecto 3 (Transecto 3=E09, E10 y E11) en la entrada de la ensenada durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Para el verano 2012 la salinidad promedio superficial fue de 34 UPS, para los 10 m de profundidad hubo un valor promedio de 34.43 UPS y para los 20 m de profundidad hubo un valor promedio de 34.51 UPS (Tabla 16). Se evidenció entre estratos una variación de la salinidad promedio en los tres transectos (Figura 15, 16 y 17).

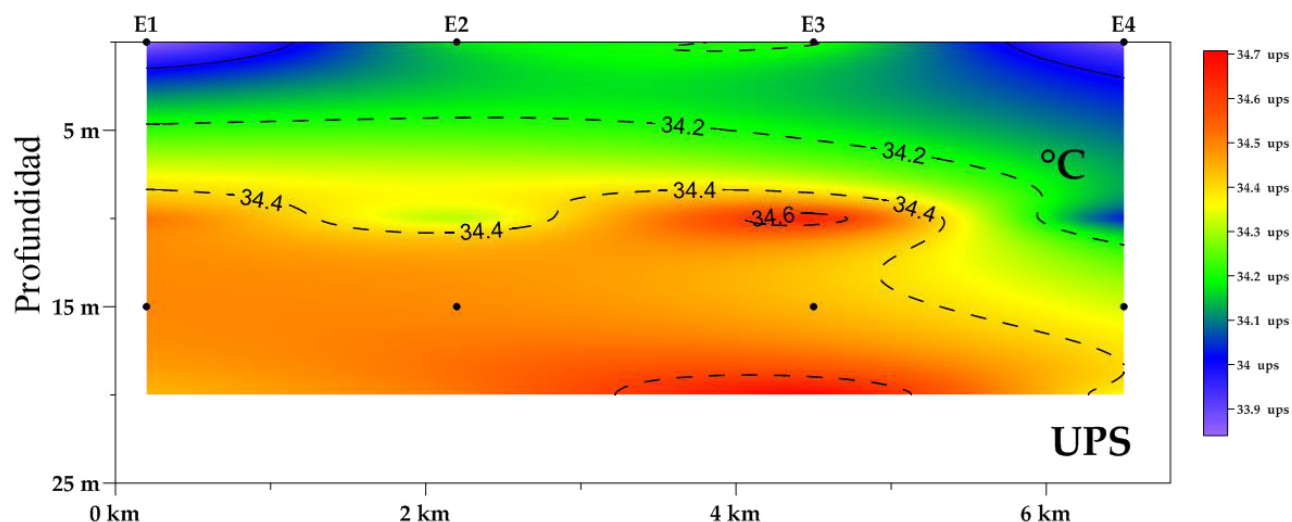


FIGURA 15. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 1 (Transecto 1= E01, E02, E03 y E04) durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

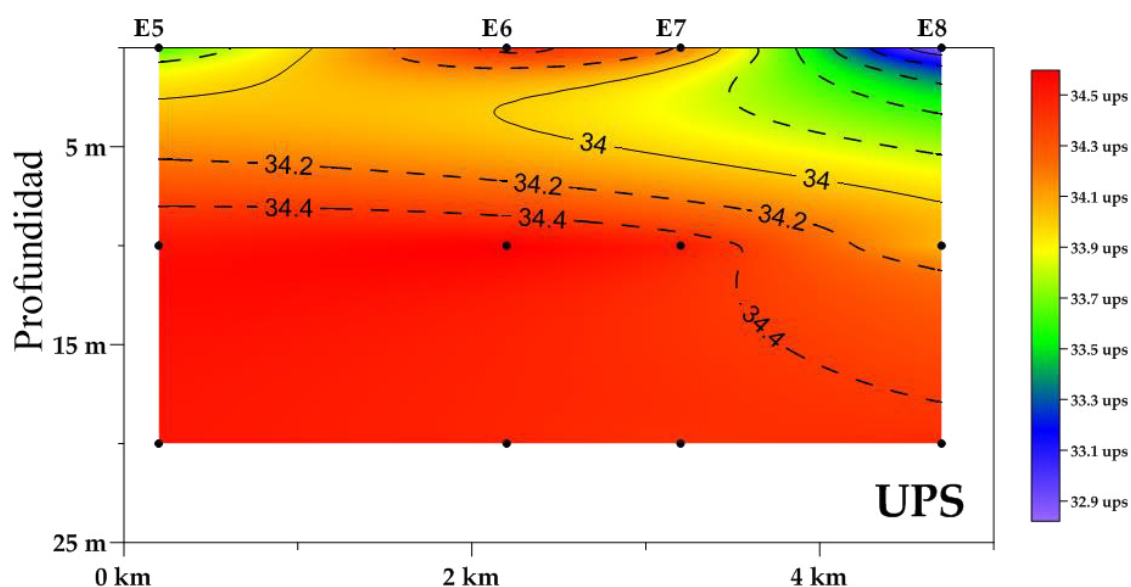


FIGURA 16. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 2 (Transecto 2=E05, E06, E07 y E08) durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

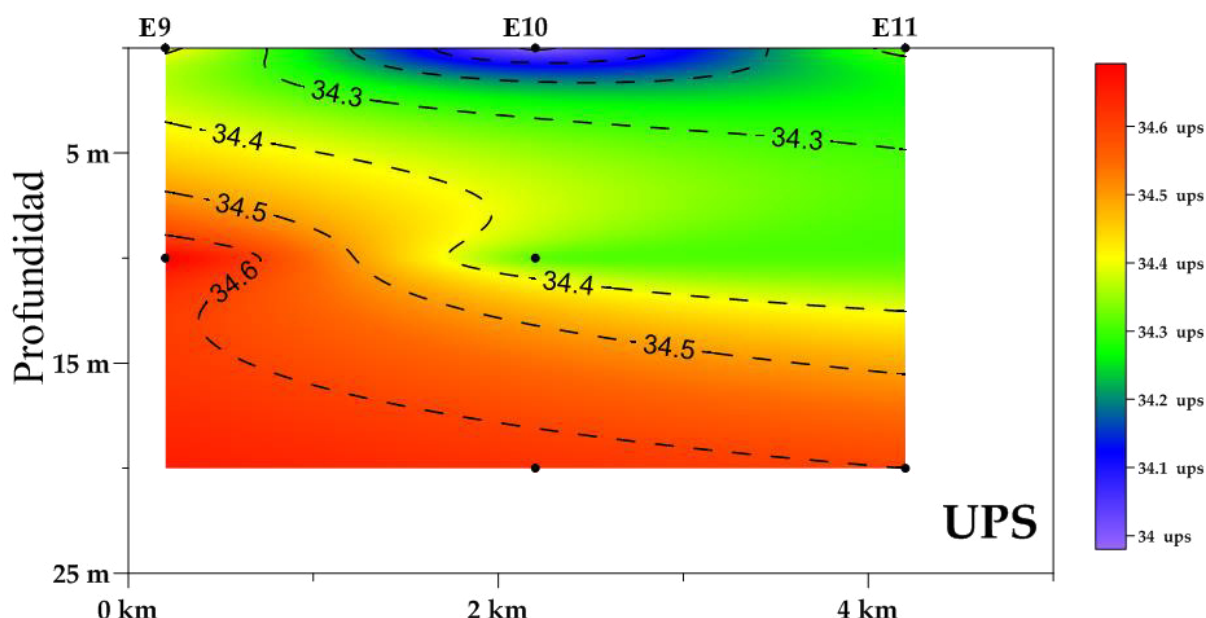


FIGURA 17. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 3 (TRANSECTO 3 = E09, E10 y E11) durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Para el verano 2012 el oxígeno y pH tuvieron muy pequeñas variaciones a lo largo de la ensenada. En la Tabla 6 se muestran las variables ambientales con sus respectivos valores mínimos, máximos y promedios con relación a la profundidad.

Tabla 6. Variables ambientales durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) y XXI (verano austral 2013) con sus valores mínimos, máximos, promedios con relación a la profundidad (m) de los veranos 2012 y 2013.

	Prof.	Temperatura (°C)		Salinidad (ups)		Oxígeno (mg·L ⁻¹)		pH	
		(m)	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2013
Min	0		1.41	0.69	32.82	33.46	7.52	10.24	7.88
Max	0		1.84	1.51	34.47	34.04	9.8	12.7	9.49
Prom	0		1.63	1.14	33.99	33.69	8.54	11.1	8.47
Min	10		1.38	0.72	34.02	33.83	7.37	9.52	7.89
Max	10		1.56	1.14	34.7	34.02	9.77	11.3	9.42
Prom	10		1.49	1.01	34.43	33.94	8.27	10.44	8.52
Min	20		1.33	0.77	34.36	33.94	7.7	9.04	7.84
Max	20		1.54	1.16	34.71	34.09	10.28	11.69	9.39
Prom	20		1.46	1	34.51	34.04	8.8	10.42	8.58

En base a los resultados de los parámetros fisicoquímicos de la expedición ANTAR XX se observa que existen diferencias significativas en registros de salinidad entre los niveles de agua ($p < 0.05$; $H = 10.68$), en donde se observan menores valores de salinidad a nivel superficial comparado a los de media agua y fondo. El parámetro temperatura también mostró diferencias significativas ($p < 0.05$; $H = 7.17$), con mayores registros a nivel superficial comparados a los otros niveles. Los otros parámetros (oxígeno y pH) no muestran diferencias significativas (Tabla 7)

Tabla 7. Resumen de la prueba de comparación de medias Kruskal-Wallis, entre los Parámetros (temperatura, salinidad, oxígeno y pH) y los niveles de la columna de agua ($S=0m$, $M=10m$, $F=20m$) para ANTAR XX-verano 2012. (H: estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis, p: valor de probabilidad, sig: significancia).

Parámetros	H	P	Sig.	Grupos Homogéneos
Temperatura	7.16598	0.0277925	*	S; M,F
Salinidad	10.6843	0.00478547	*	S; M,F
Oxígeno	0.480552	0.786411	NS	
pH	2.08633	0.352337	NS	

6.1.4 Variables fisicoquímicas en el ANTAR XXI

En la expedición científica Antar XXI se evaluaron cuatro variables fisicoquímicas, temperatura, salinidad, oxígeno y pH (Anexo 3).

En el verano 2013 la temperatura superficial presentó un valor promedio de 1.14°C, caracterizándose por presentar los más altos valores en el Transecto 3 (Figura 18, 19 y 20). Para el verano 2013 la salinidad superficial presentó un valor promedio de 33.69 UPS a 10 m de profundidad un valor promedio de 33.94 UPS y a 20 m la salinidad promedio fue de 34.04 UPS. Se evidenció un aumento de la salinidad promedio a 20 m de profundidad (Figura 21, 22 y 23).

El oxígeno y pH tuvieron muy pequeñas variaciones a lo largo de la ensenada. En la Tabla 6 se muestran las variables ambientales con sus respectivos valores mínimos, máximos y promedios con relación a la profundidad de los ANTAR XX y XXI.

En base a los resultados de los parámetros fisicoquímicos de la expedición ANTAR XXI se observa que existen diferencias significativas en registros de salinidad entre los niveles de agua ($p < 0.05$; $H = 19.486$), en donde se observan menores valores de salinidad a nivel superficial comparado a los de 10 y 20 m. Los otros parámetros (temperatura, oxígeno y pH) no muestran diferencias significativas. (Tabla 8).

Tabla 8. Resumen de la prueba de comparación de medias Kruskal-Wallis, entre los Parametros (temperatura, salinidad, oxígeno y pH) y los niveles de la columna de agua (S=0m, M=10m, F=20m) para ANTAR XXI-verano 2013. (H: estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis, p: valor de probabilidad, sig: significancia).

Parámetro	H	P	Sig.	Grupos Homogéneos
Temperatura	4.02734	0.133498	NS	
Salinidad	19.4861	0.00005870	*	S; M,F
Oxígeno	2.57824	0.275514	NS	
pH	0.540871	0.763047	NS	

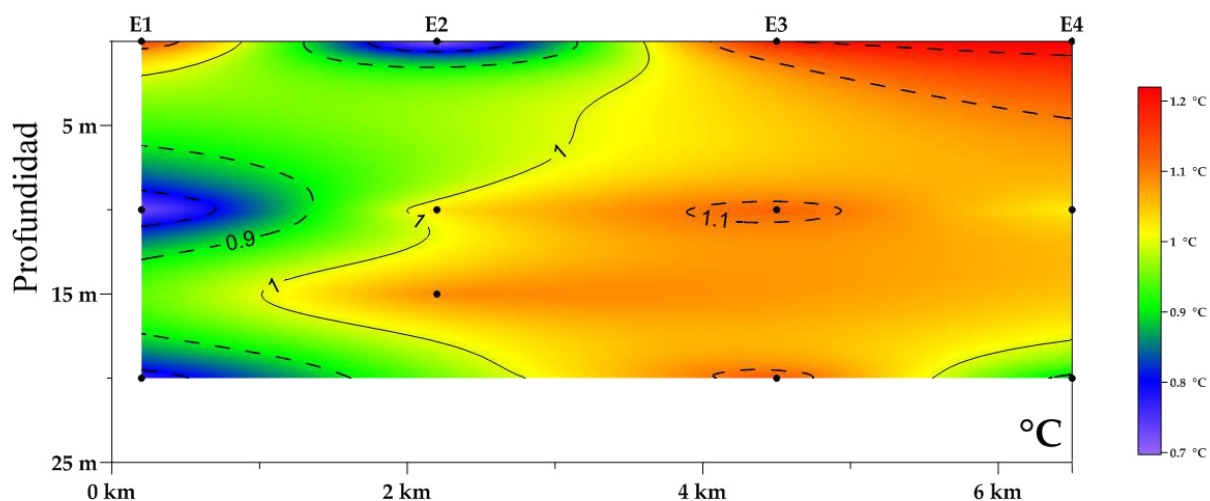


FIGURA 18. Valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para el Transecto 1 (Transecto 1= E01, E02, E03 y E04) durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

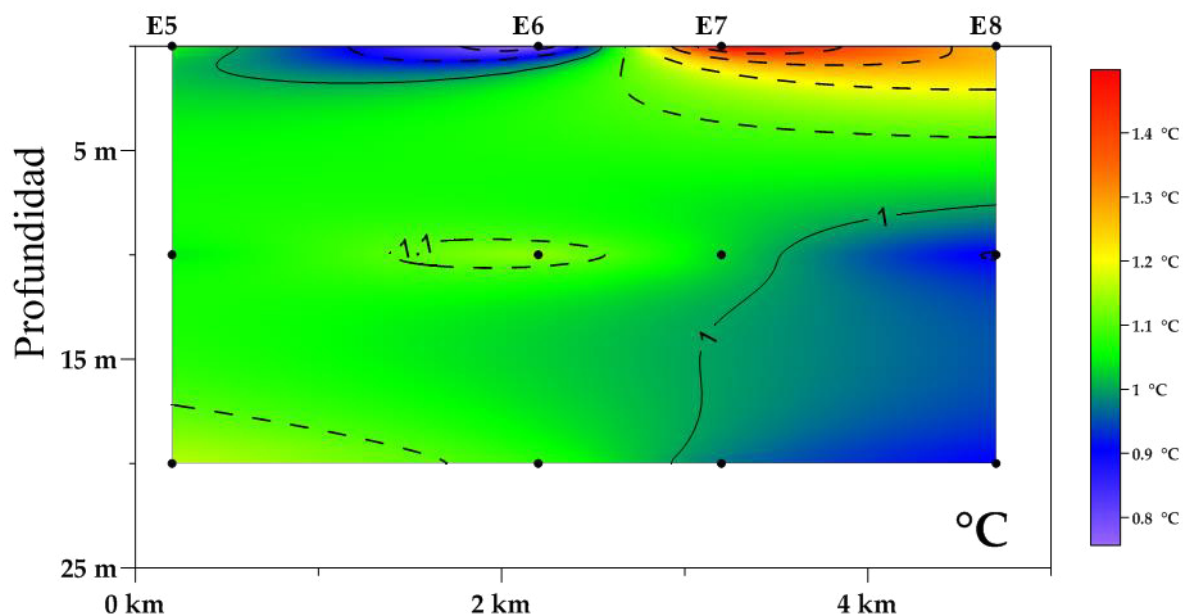


FIGURA 19. Valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para el Transecto 2 (Transecto 2=E05, E06, E07 y E08) durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge

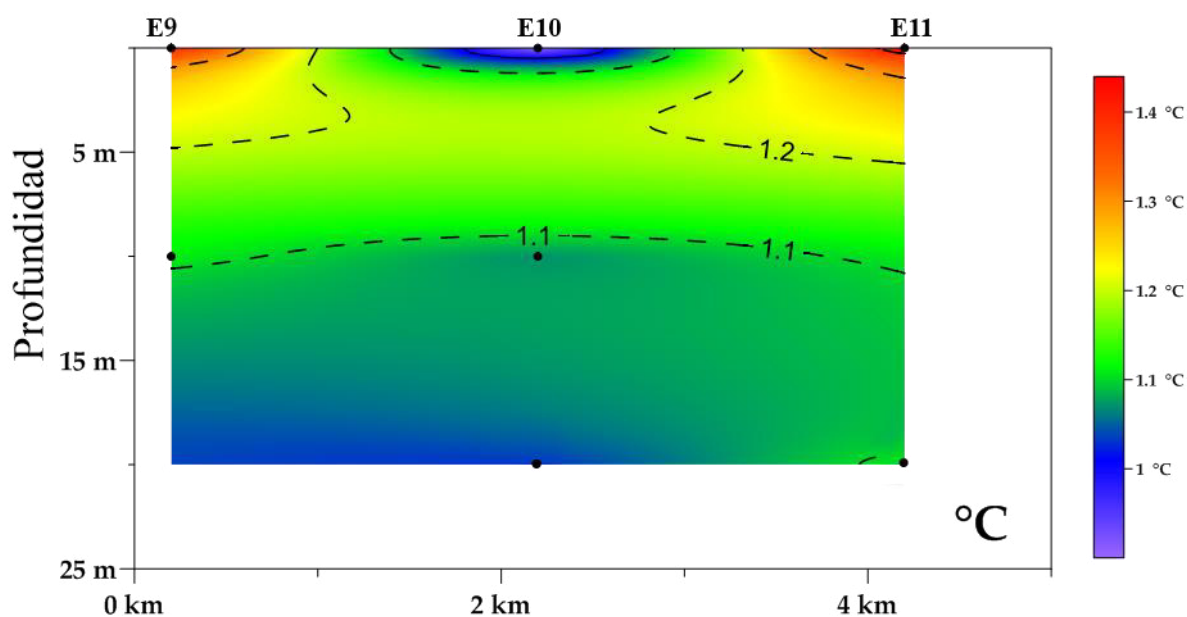


FIGURA 20. Valores de temperatura (°C) para el Transecto 3 (Transecto 3= E09, E10 y E11) durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

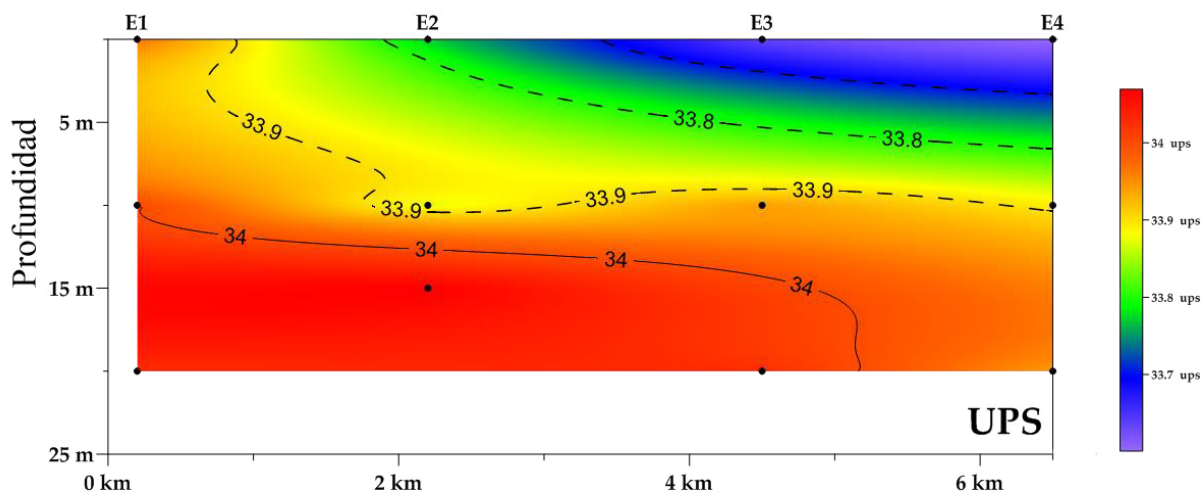


FIGURA 21. Se observa los valores de salinidad (UPS) para el Transecto 1 (Transecto 1= E01, E02, E03 y E04) durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge

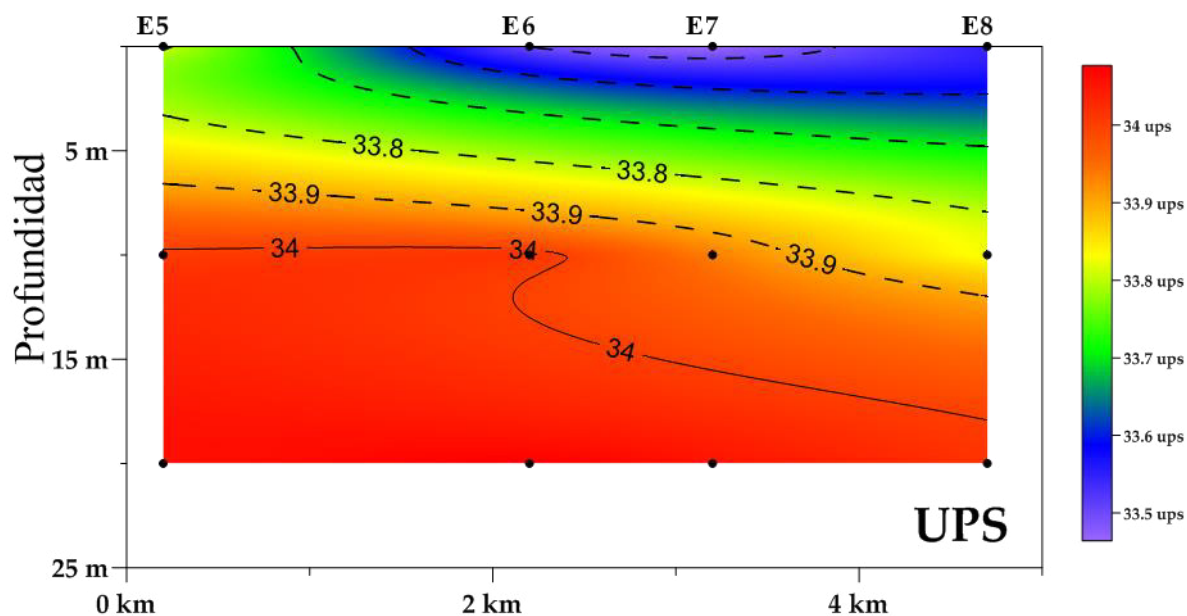


FIGURA 22. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 2 (Transecto 2=E05, E06, E07 y E08) durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

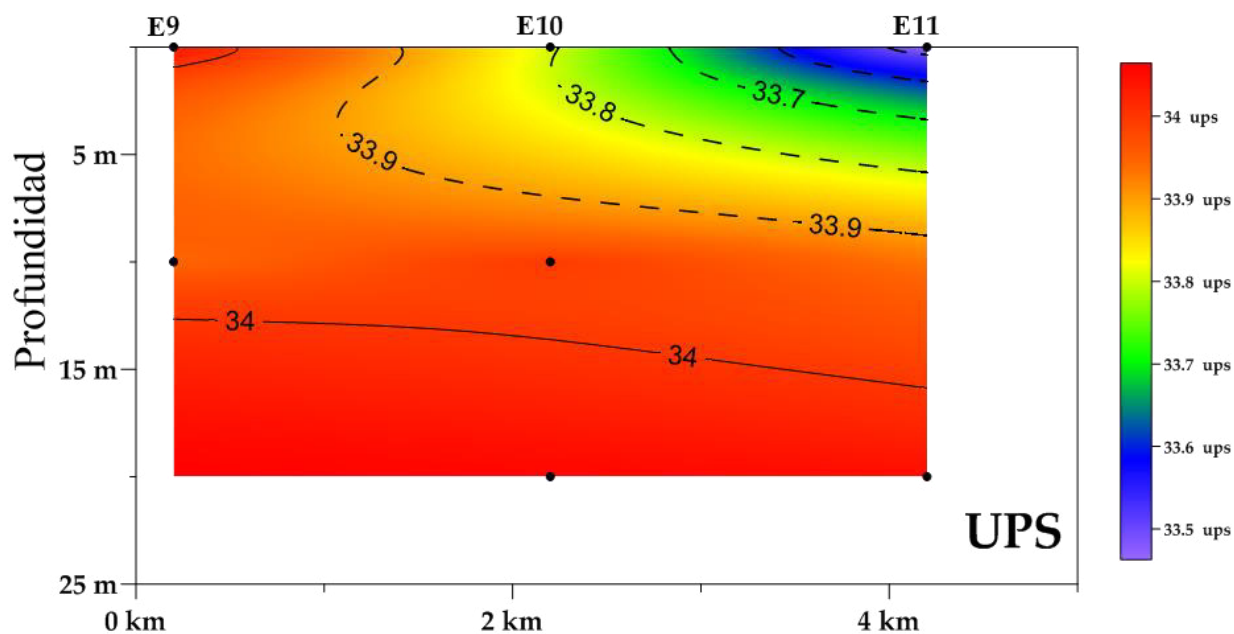


FIGURA 23. Valores de salinidad (UPS) para el Transecto 3 (TRANSECTO 3=E09, E10 Y E11) durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

6.1.5 Variación temporal de las variables fisicoquímicas en la ANTAR XIX, XX, y XXI

Se evaluó la variación temporal de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, en base a los valores integrados por estratos de cada parámetro oceanográfico de los Antares XIX, XX y XXI, mediante la prueba estadística kruskal Wallis.

a) Temperatura

La temperatura, durante la campaña ANTAR XIX fue en promedio de 0,86 °C; durante el ANTAR XX fue de 1.62 °C mientras que durante el ANTAR XXI fue de 1.27 °C. La prueba kruskal Wallis arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los periodos estudiados, mostrando que la temperatura fue significativamente más alta durante el ANTAR XX (Tabla 9 y 10).

b) Salinidad

La salinidad, durante la campaña ANTAR XIX fue en promedio de 33,20 ups; mientras que durante el ANTAR XX y XXI fue de 33.99 UPS y 33.90 UPS, respectivamente. La prueba kruskal Wallis arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todos los periodos estudiados mostrando que la salinidad fue significativamente más elevada durante el ANTAR XX (33.99 UPS) (Tabla 9 y 10).

c) Oxígeno

El oxígeno disuelto, durante la campaña ANTAR XIX fue en promedio de 10.23mL/L; durante el ANTAR XX fue de 8,54mL/L mientras que durante el ANTAR XXI fue de 11.10mL/L. La prueba kruskal wallis arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los periodos estudiados mostrando que la concentración de oxígeno fue significativamente más baja durante el ANTAR XX (Tabla 9 y 10).

d) pH

El pH, durante la campaña ANTAR XIX fue en promedio de 8,18; durante el ANTAR XX fue de 8.47 mientras que durante el ANTAR XXI fue de 9.80. La

prueba kruskal wallis arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los periodos estudiados mostrando que el pH fue significativamente más alto en el ANTAR XXI (Tabla 9 y 10).

Tabla 9. Resumen de datos descriptivos de los Parámetros (temperatura, salinidad, oxígeno y pH) para ANTAR XIX, XX y XXI con valores integrados.

ANTAR		Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	O2 (mg/L)	Ph
ANTAR XIX	Media	0.86	33.20	10.23	8.18
	N	11	11	11	11
	Desv. típ.	0.27	0.37	0.48	0.46
	Mínimo	0.31	32.35	9.67	7.57
	Máximo	1.14	33.73	11.17	8.82
ANTAR XX	Media	1.62	33.99	8.54	8.47
	N	11	11	11	11
	Desv. típ.	0.14	0.47	0.80	0.53
	Mínimo	1.41	32.82	7,52	7.88
	Máximo	1.84	34.47	9.80	9.49
ANTAR XXI	Media	1.27	33.90	11.10	9.80
	N	11	11	11	11
	Desv. típ.	0.31	0.31	0.99	0.24
	Mínimo	0.69	33.8	10.24	9.24
	Máximo	1.73	34.00	12.70	10.01

Tabla 10. Resumen de la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis, de los Parámetros (salinidad, oxígeno, pH y temperatura) en base a los datos integrados para ANTAR XIX, ANTAR XX y ANTAR XXI.

Parámetros	H	p	Sig.	Grupos Homogéneos
Salinidad	26.92	<0,0001	*	ANTAR XIX - ANTAR XX - ANTAR XXI
Oxígeno	20.4	<0,0001	*	<u>ANTAR XIX</u> - ANTAR XX - <u>ANTAR XXI</u>
pH	23.47	<0,0001	*	<u>ANTAR XIX</u> - <u>ANTAR XX</u> - ANTAR XXI
Temperatura	21.53	<0,0001	*	<u>ANTAR XIX</u> - ANTAR XX - <u>ANTAR XXI</u>

6.2 Composición del fitoplancton colectado con red

En la evaluación del verano austral 2010 (ANTAR XIX) se identificó un total de 52 especies, de las cuales 50 fueron diatomeas y 2 dinoflagelados (Anexo 4), entre las diatomeas más frecuentes en el área de estudio tenemos a *Achnanthes* sp., *Fragilariopsis* sp., *Licmophora antarctica*, *Pseudo-nitzschia* cf. *lineola*, etc. (Tabla 11).

Tabla 11. Especies más frecuentes en la ensenada Mackellar durante la Expedición Científica ANTAR XIX, verano austral 2010.

Diatomeas ANTAR XIX	% Frecuencia
<i>Achnanthes brevipes</i>	91
<i>Fragilariopsis</i> sp.	91
<i>Licmophora antarctica</i>	91
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>lineola</i>	91
<i>Cocconeis</i> sp.	82
<i>Corethron pennatum</i> (= <i>C. criophilum</i>)	82
<i>Coscinodiscus</i> sp.	73
<i>Eucampia antarctica</i>	73
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	73
<i>Thichotoxon reinboldii</i>	73

En la evaluación del verano austral 2012 (ANTAR XX) se identificó un total de 31 especies, de las cuales 28 fueron diatomeas y 3 dinoflagelados (Anexo 5). Entre las diatomeas más frecuentes en el área de estudio tenemos a *Corethron criophilum*, *Porosira glacialis*, *Trichotoxum reinboldii*, etc. (Tabla 12).

Tabla 12. Especies más frecuentes en la ensenada Mackellar durante la Expedición Científica ANTAR XX, verano austral 2012.

Diatomeas ANTAR XX	% Frecuencia
<i>Corethron pennatum</i> (=C. criophilum)	100
<i>Porosira glacialis</i>	100
<i>Trichotoxum reinboldii</i>	100
<i>Thalassiosira</i> sp.	91
<i>Coscinodiscus</i> sp.	91
<i>Gyrosigma</i> sp.	91
<i>Paralia sulcata</i>	73

En la evaluación del verano austral 2013 (ANTAR XXI) se identificó un total de 33 especies de las cuales 29 fueron diatomeas y 4 dinoflagelados (Anexo 6). Las diatomeas más frecuentes fueron, *Fragilariopsis cilindrus*, *Licmophora antártica*, *Thalassiosira delicatula*, *Porosira glacialis*, etc. (Tabla 13)

Tabla 13. Especies más frecuentes en la ensenada Mackellar durante la Expedición Científica ANTAR XXI, verano austral 2013.

Diatomeas ANTAR XXI	% Frecuencia
<i>Fragilariopsis cilindrus</i>	100
<i>Licmophora antarctica</i>	100
<i>Thalassiosira delicatula</i>	100
<i>Porosira glacialis</i>	100
<i>Corethron pennatum</i> (=C. criophilum)	91
<i>Navicula</i> sp.	91
<i>Thalassiosira antarctica</i>	91
<i>Gyrosigma</i> sp.	82
<i>Cocconeis</i> sp.	73
<i>Gyrosigma fasciola</i>	73

6.3 Abundancia fitoplanctónica

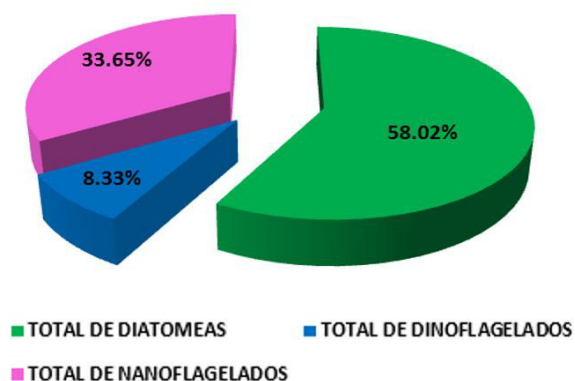
6.3.1 Abundancia fitoplanctónica ANTAR XVIII (verano austral 2008)

En toda la columna de agua (superficie, media agua y fondo) se identificaron 60 especies, de las cuales 47 son diatomeas, 11 dinoflagelados y 2 microflagelados (Anexos 7, 8 y 9).

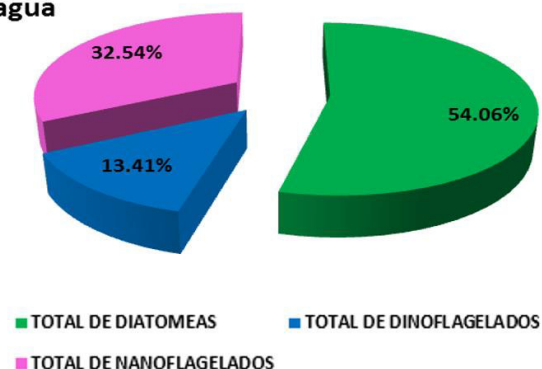
En el fitoplancton de superficie, media agua y fondo el grupo de las diatomeas fue dominante en número con un 58.02%, 54.06%, 57.87% del total respectivamente. En segundo lugar, fueron los nanoflagelados con un 33.65%, 32.54% y 32.94% respectivamente y los dinoflagelados ocuparon el tercer lugar (Figura 24).

La abundancia de las principales especies muestra que esta comunidad estuvo representada por diatomeas destacando entre ella *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (24%), *Fragilariopsis sp.* (9%), *Thalassiosira antártica* (8%), *Pseudonitzschia grupo seriata* (5%) y *Fragilariopsis cylindrus* (5%). Dentro del grupo de los nanoflagelados dominaron *Leucocryptos marina* (16%), Microflagelados spp. (12%) y *Tetraselmis sp.* (5%) (Figura 25).

Superficie



Media agua



Fondo

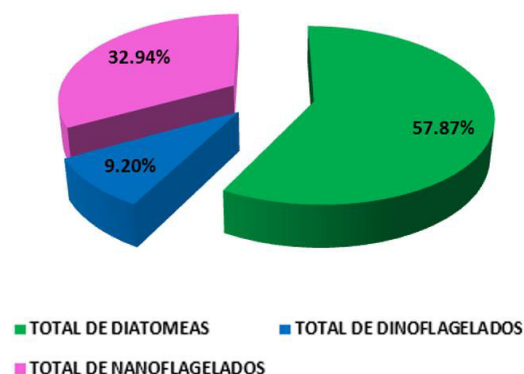


Figura 24. Abundancia (%) por grupos del fitoplancton a superficie, media agua y fondo durante la expedición científica ANTAR XVIII (verano austral 2008) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/Isla Rey Jorge.

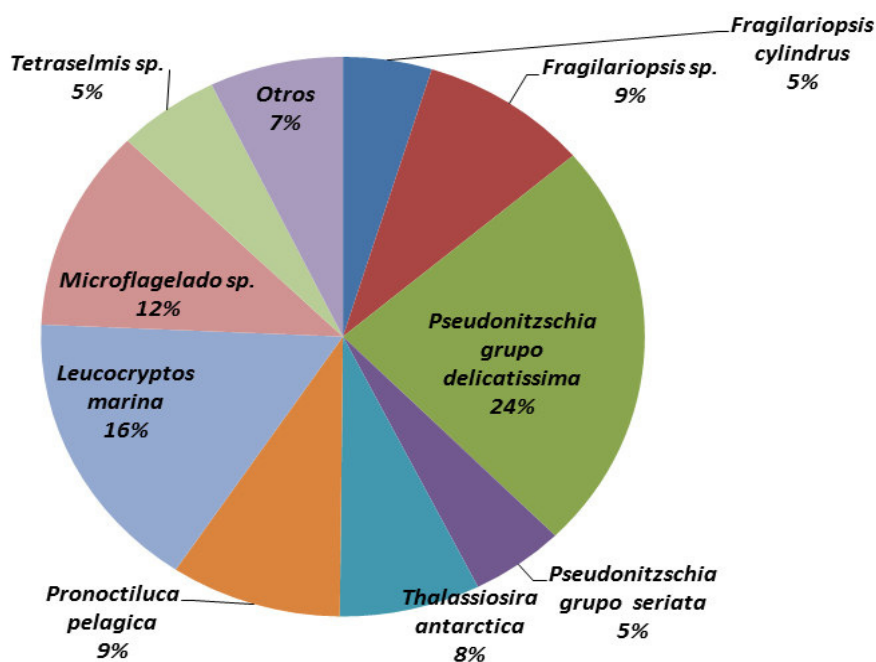


Figura 25. Abundancia (%) de las especies de fitoplancton durante la expedición científica ANTAR XVIII (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

6.3.2 Abundancia fitoplanctónica ANTAR XIX (verano austral 2010)

En la columna de agua (0, 15 y 30 m) se identificaron 52 especies, de las cuales 37 son diatomeas, 13 dinoflagelados, 1 microflagelado y 1 silicoflagelado (Anexos 10, 11 y 12).

En el fitoplancton a 0, 15 y 30m de profundidad el grupo de los nanoflagelados fue el dominante en número con un 89.66%, 83.78% y 87.33% respectivamente, le siguieron las diatomeas con un 8.71%, 13.44% y 10.27% respectivamente y finalmente con un menor porcentaje los dinoflagelados y silicoflagelados (Figura 26)

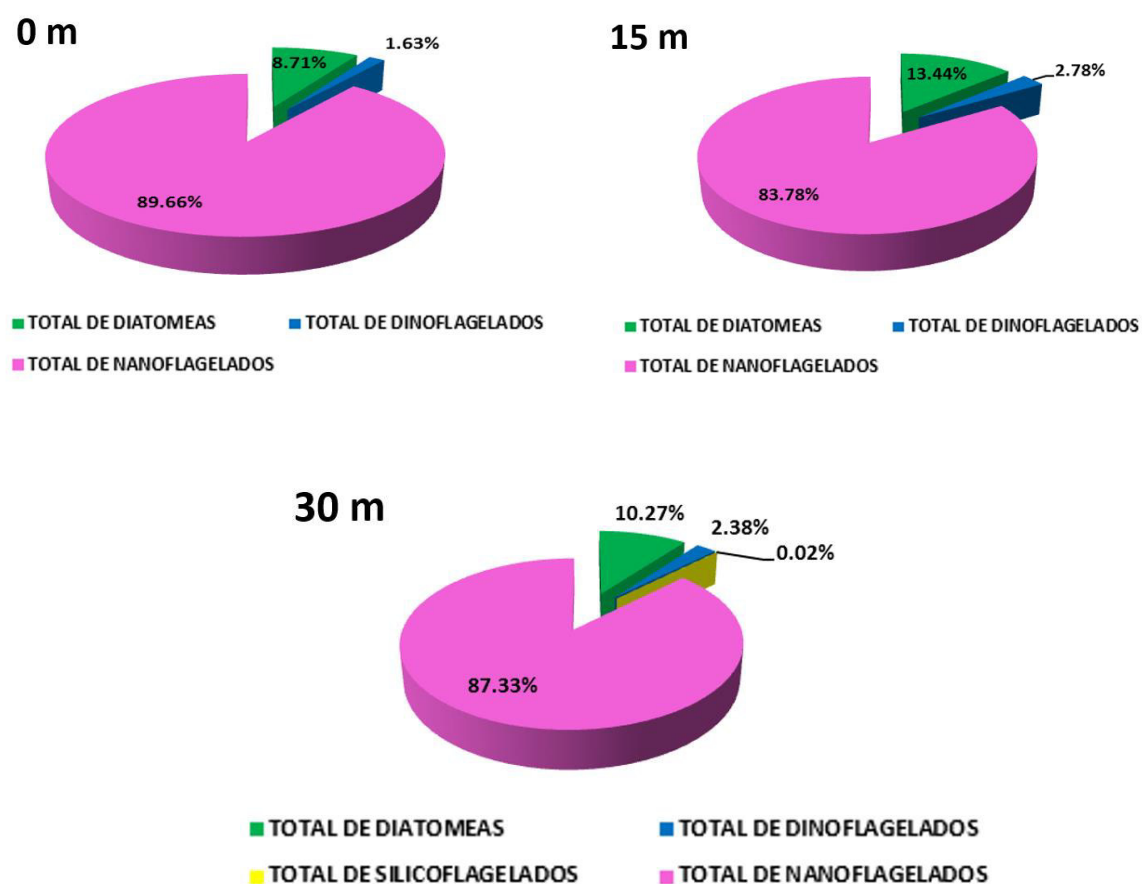


Figura 26. Abundancia (%) por grupos del fitoplancton a 0, 15 y 30 metros durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

La abundancia (%) de las principales especies muestra que esta comunidad estuvo representada por nanoflagelados destacando *Microflagelados spp.* (72%) y *Leucocryptos marina* (15%), entre las diatomeas *Chaetoceros socialis* (4%), *Thalassiosira delicatula* (3%) y *Navicula sp.* (2%) (Figura 27).

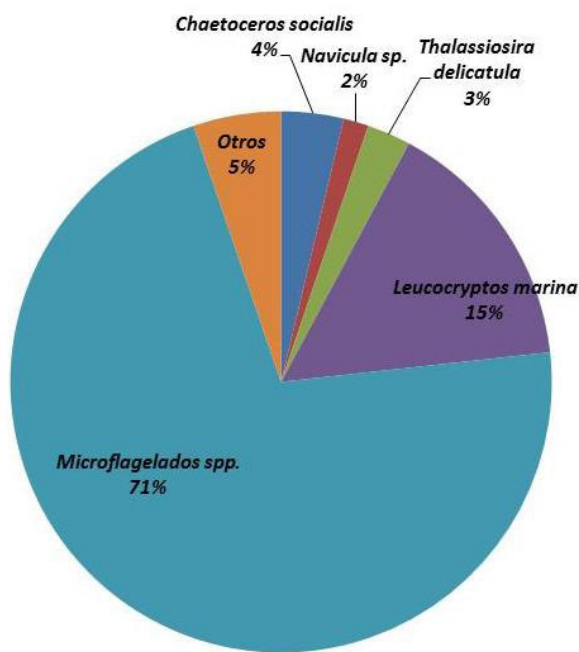


Figura 27. Abundancia (%) de las especies de fitoplancton durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

6.3.3 Abundancia fitoplanctonica ANTAR XX (verano austral 2012).

En la columna de agua (0, 10 y 20 m) en la ensenada Mackellar se identificaron 42 especies, de las cuales 33 son diatomeas, 6 dinoflagelados, 1 microflagelado, 1 cocolitofórido y 1 silicoflagelado (Anexos 13, 14, y 15).

En el fitoplancton de superficie el grupo de los nanoflagelados fue dominante en número con un 86.38% del total y en segundo lugar las diatomeas con un 12.23%. Los dinoflagelados y cocolitoforidos sumaron el 1.38%. A 10m los nanoflagelados dominaron en número con un 85.58% del total, en segundo lugar, las diatomeas con un 12.31% y finalmente los dinoflagelados y cocolitoforidos sumaron el 2.10%. En el fitoplancton de 20m el grupo de los nanoflagelados fue

dominante en número con un 86.86% del total, en segundo lugar, las diatomeas con un 12.05%. Los dinoflagelados y cocolitoforidos sumaron el 1.08% (Figura 28)

La abundancia (%) de las principales especies muestra que esta comunidad estuvo representada por nanoflagelados destacando *Microflagelados* spp. (76%) *Leucocryptos marina* (10%), entre las diatomeas *Thalassiosira* sp. (5%), *Thalassiosira delicatula* (4%), *Thalassiosira delicatula* (2%) y *Thalassiosira antarctica* (2%) (Figura 29).

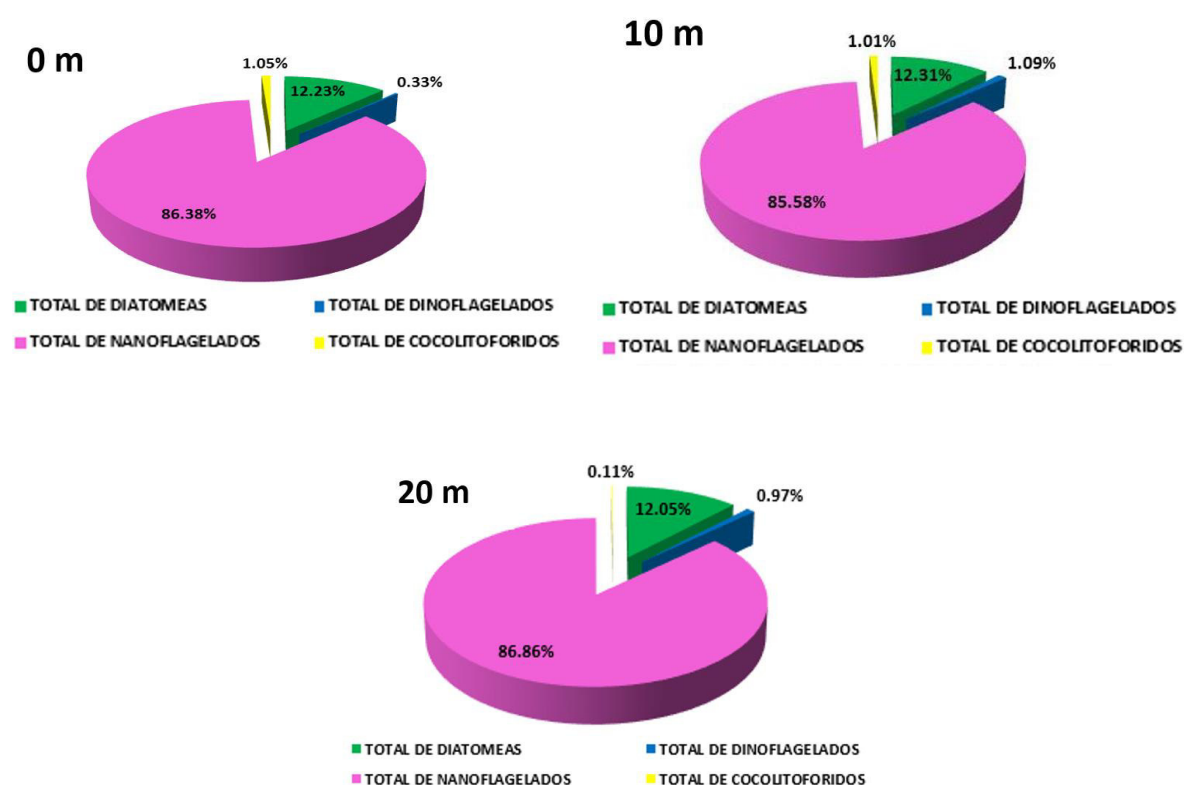


Figura 28. Abundancia (%) por grupos del fitoplancton 0, 10 y 20 metros durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

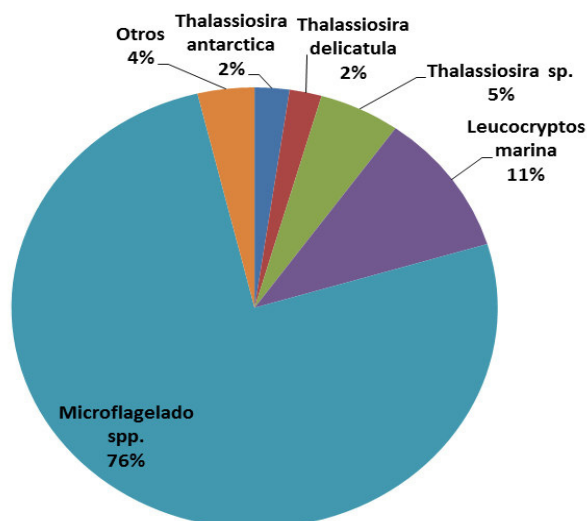


Figura 29. Abundancia (%) de las especies de fitoplancton durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

6.3.4 Abundancia fitoplanctónica ANTAR XXI (verano austral 2013)

En la columna de agua (0, 10 y 20 m) se identificaron 29 especies, de las cuales 23 son diatomeas, 4 Dinoflagelados, 1 microflagelado y 1 cocolitofórido. (Anexos 16, 17, y 18).

En el fitoplancton de superficie el grupo de las diatomeas fue el dominante en número con un 61.33% del total y los dinoflagelados con un 27.42% del total. A 10m las diatomeas dominaron en número con un 54.66% del total, en segundo lugar, los nanoflagelados con un 36.63% y le siguieron los dinoflagelados con un 8.34%. En el fitoplancton de 20m el grupo de las diatomeas fue el dominante en número con un 59.65% del total y los dinoflagelados con un 24.19% del total (Figura 30).

La abundancia (%) de las principales especies muestra una comunidad representada por diatomeas destacando entre ellas *Thalassiosira delicatula* (36%) *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (9%), *Porosira glacialis* (6%), *Thalassiosira antártica* (2%), *Navicula* sp. (2%) y *Chaetoceros sociales* (2%). Dentro del grupo de los nanoflagelados dominaron los *Microflagelados* spp. (20%) y dentro del grupo de los dinoflagelados tenemos a *Gymnodinium* sp. (19%) (Figura 31).

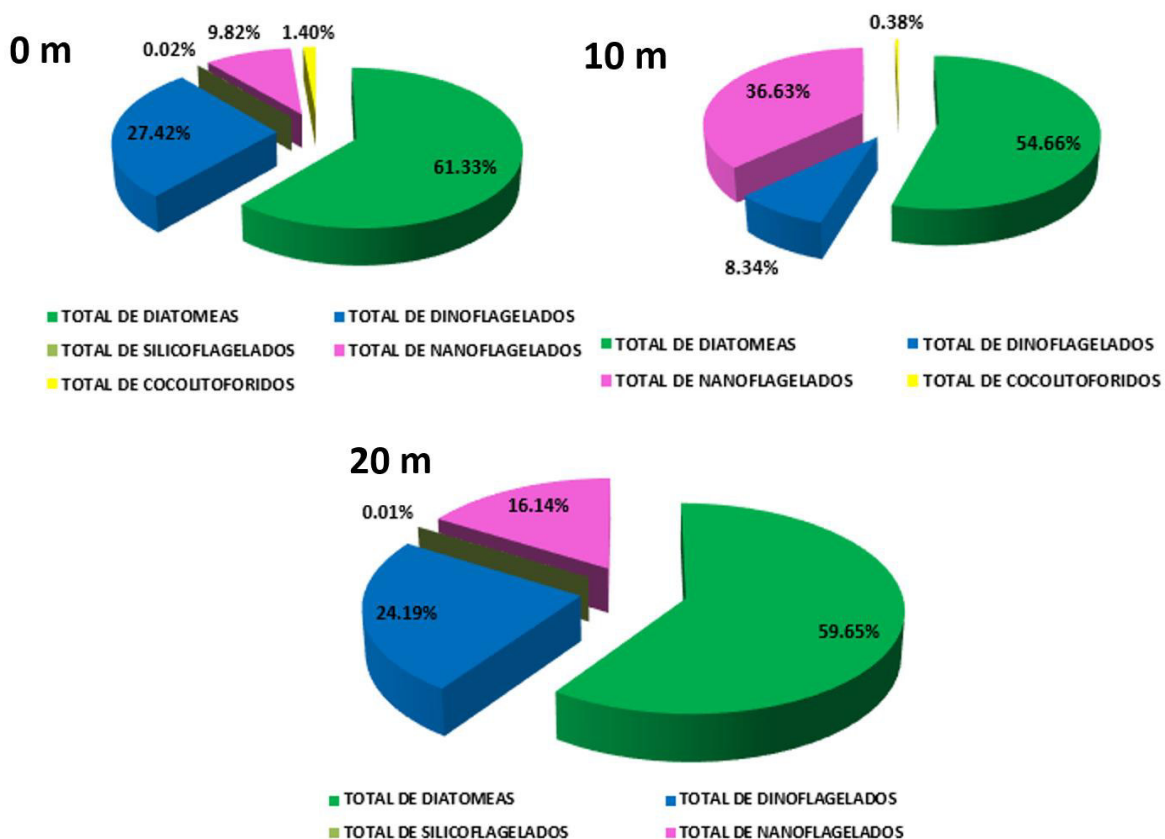


Figura 30. Abundancia (%) por grupos del fitoplancton 0, 10 y 20 metros durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

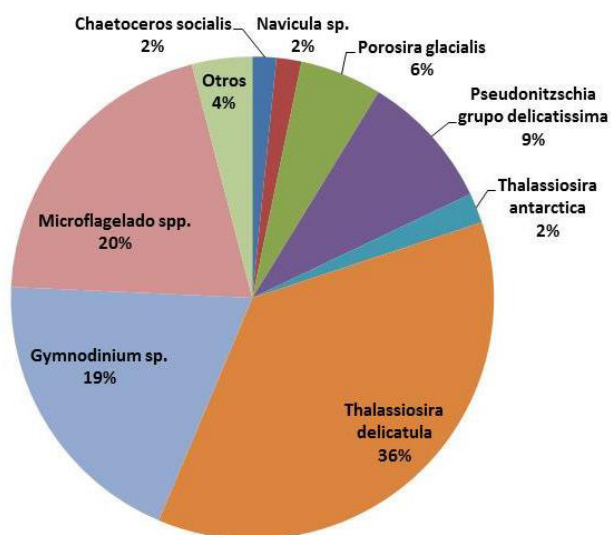


Figura 31. Abundancia (%) de las especies de fitoplancton durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

En la ensenada Mackellar encontramos una dominancia de diatomeas en número de especies para cada ANTAR, así también se evidencia una disminución de los taxa en el tiempo (Tabla 14).

Tabla 14. Número de especies de los grupos fitoplanctónicos en los Antares XVIII, XIX, XX y XXI en la ensenada Mackellar.

ANTAR	DIATOMEAS	DINOFLAGELADOS	NANOFLAGELADOS	COCOLITOFORIDOS	SILICOFLAGELADOS	TOTAL
XVIII	47	11	2	0	0	60
XIX	37	13	1	0	1	52
XX	33	6	1	1	1	42
XXI	23	4	1	1	0	28

6.4 Densidades de las ANTAR

6.4.1 Densidad ANTAR XVIII

En el verano del 2008, la densidad del fitoplancton varió entre 3500 y 171 080 cel/L (Tabla 15). Los valores de densidad fueron mayores en las estaciones 7, 8 y 9 (Figura 32). La densidad total del fitoplancton a diferentes profundidades fue mayor en el fondo.

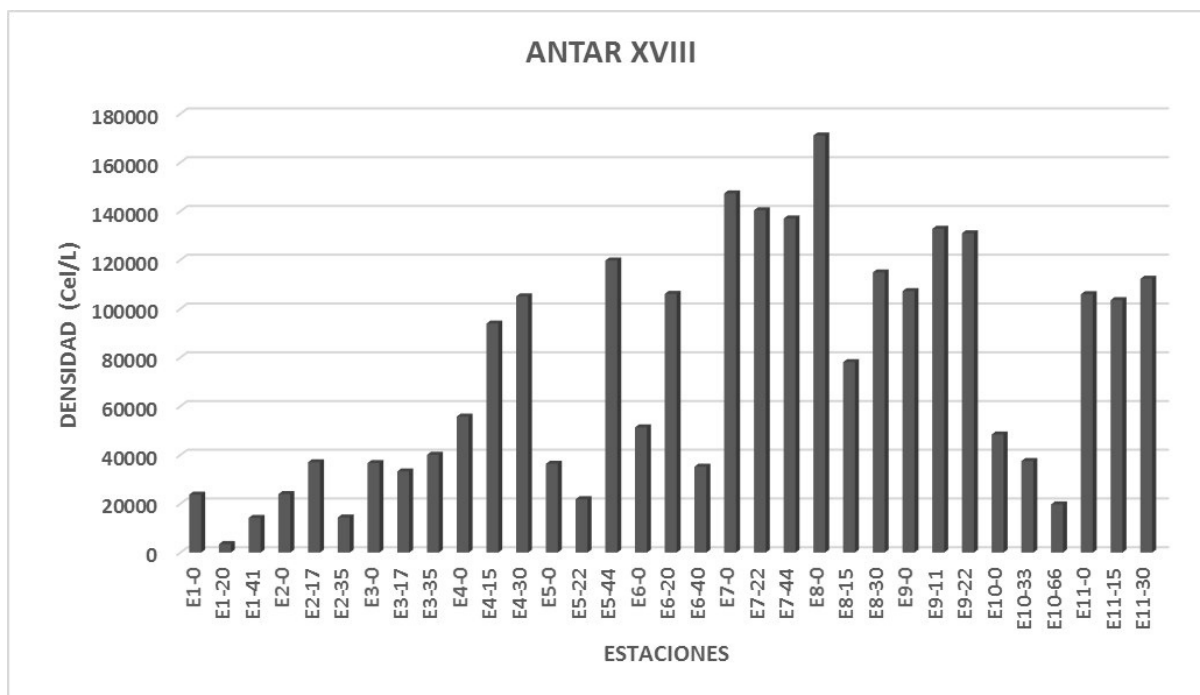


Figura 32. Densidad del fitoplancton por estaciones durante la expedición científica ANTAR XVIII (verano austral 2008) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

6.4.2 Densidad ANTAR XIX, XX y XXI

En el verano del 2010, la densidad del fitoplancton varió entre 3896 y 42 775 cel/L (Figura 33 y Tabla 15). En el verano del 2012, la densidad del fitoplancton varió entre 2 940 y 409 010 cel/L. Los valores de densidad fueron mayores en las estaciones 8 y 9 (Figura 34 y Tabla 16). En el verano del 2013, la densidad del fitoplancton varió entre 2 260 y 47 522 cel/L. (Tabla 16) Los valores de densidad fueron mayores en las estaciones 10 y 11 (Figura 35).

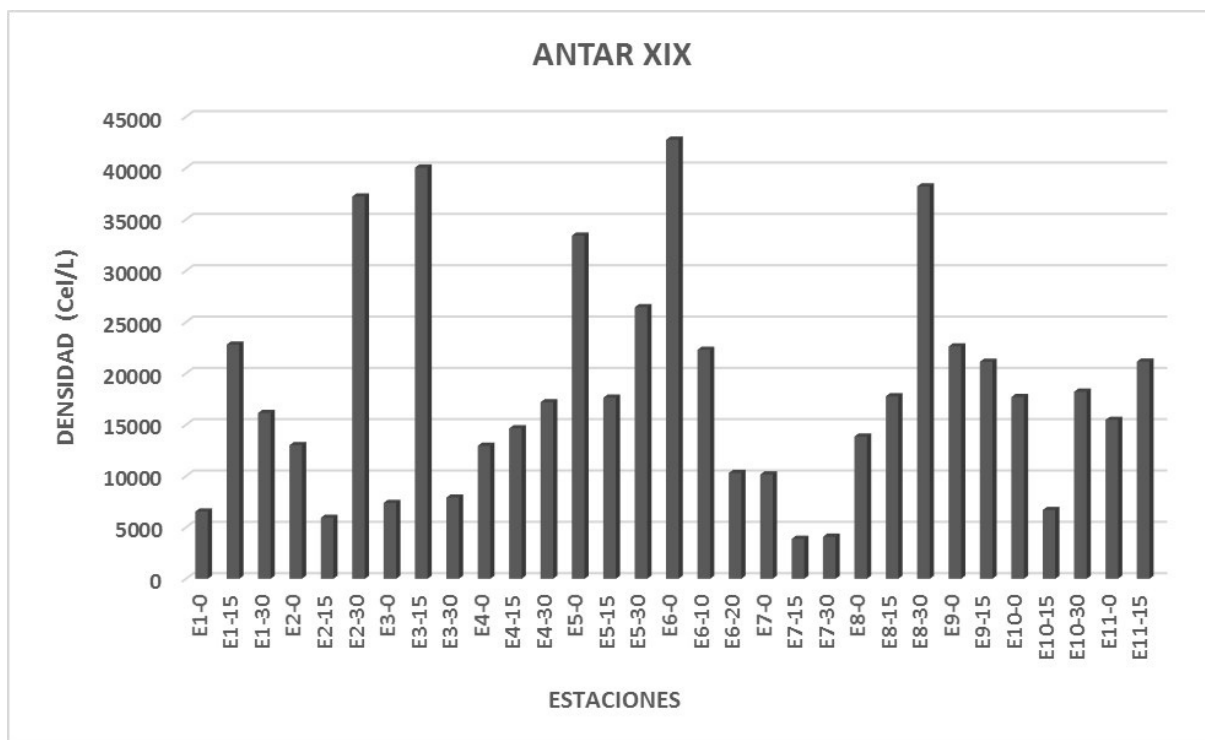


Figura 33. Densidad del fitoplancton por estaciones durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

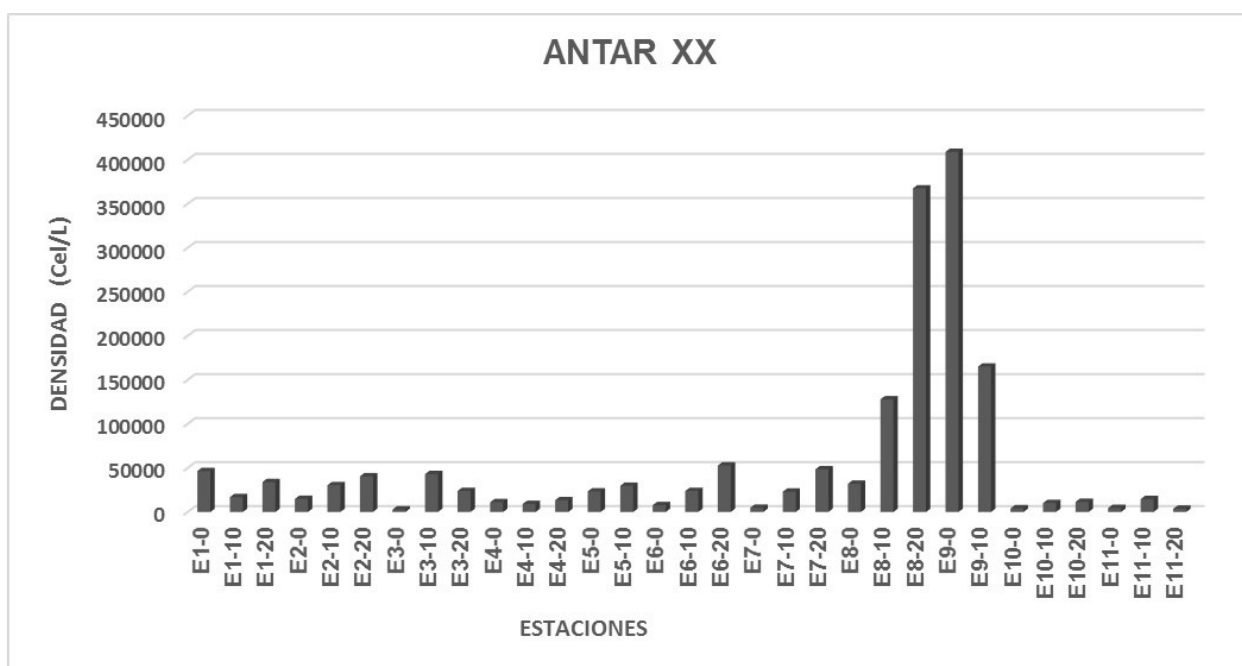


Figura 34. Densidades del fitoplancton por estaciones durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

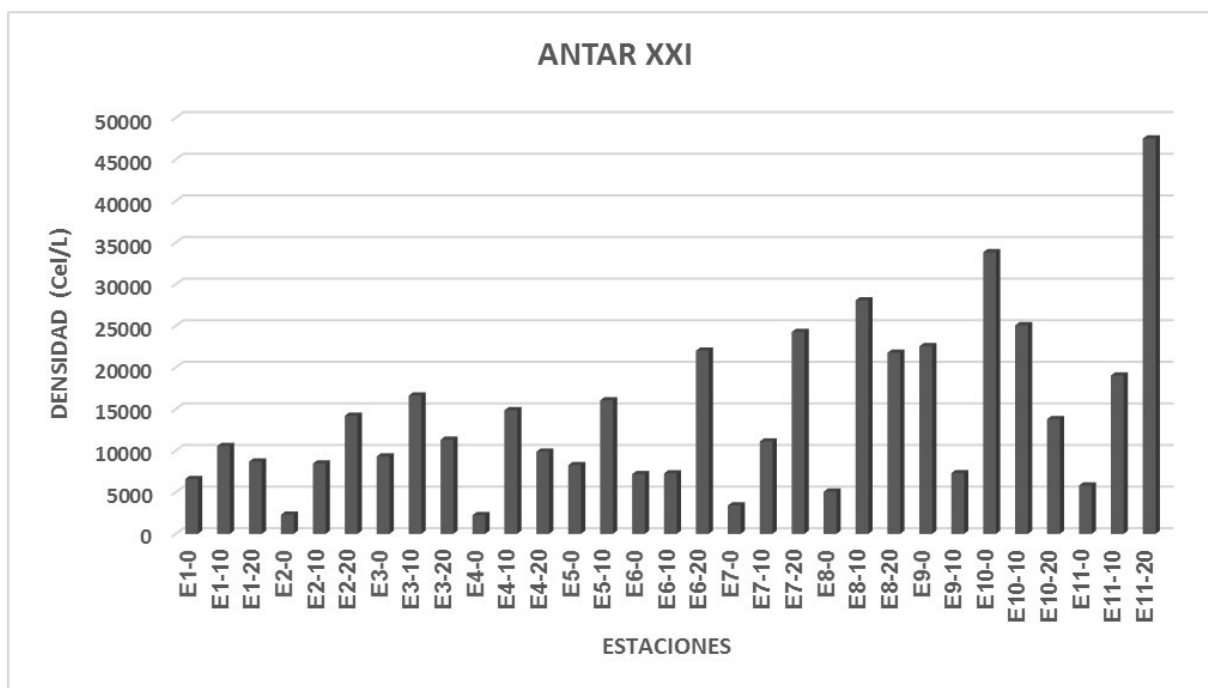


Figura 35. Densidad del fitoplancton por estaciones durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

6.5 Riqueza y Diversidad

La composición total del fitoplancton en la columna de agua durante los veranos 2008, 2010, 2012 y 2013. Incluyó 68 taxones de diatomeas, 14 taxones de dinoflagelados, 2 taxones de silicoflagelados, 3 taxones de nanoflagelados (< 20 μm) y 1 taxón de cocolitoforido (Anexo 19).

6.5.1 ANTAR XVIII y XIX

El índice de diversidad (H') en general fluctuó entre 0,10 y 1,95 bits. célula⁻¹. Antar XVIII y XIX presentaron índices de diversidad bajos, mostrando una distribución bastante homogénea con valores entre 0,5 y 1,4 bits·célula⁻¹ a excepción de las estaciones del primer transecto (E1, E2, E3 y E4) (ANTAR XIX) en donde los valores son muy bajos (< 0,4 bits·células⁻¹) (Tabla 15).

Tabla 15. Número de especies, abundancia e índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') registrados para el ANTAR XVIII y XIX.

ANTAR XVIII				ANTAR XIX			
Est/Prof	Nº Especies	Abundancia (N)	Shannon (H')	Est/Prof	Nº Especies	Abundancia (N)	Shannon (H')
E1-0	18	23780	0.61	E1-0	8	6552	0.41
E1-20	15	3500	0.85	E1-15	12	22812	0.91
E1-41	23	14220	0.87	E1-30	15	16160	0.40
E2-0	19	24020	0.32	E2-0	7	13018	0.10
E2-17	29	37060	0.90	E2-15	20	5947	0.81
E2-35	24	14420	0.79	E2-30	25	37235	0.57
E3-0	21	36720	0.85	E3-0	8	7397	0.27
E3-17	23	33280	0.88	E3-15	17	40051	1.05
E3-35	29	40120	0.93	E3-30	26	7919	1.95
E4-0	21	55780	0.58	E4-0	11	12953	0.74
E4-15	29	93940	0.80	E4-15	15	14654	0.26
E4-30	30	105120	0.76	E4-30	9	17200	0.46
E5-0	25	36440	0.76	E5-0	14	33430	0.65
E5-22	22	21900	0.86	E5-15	13	17645	1.04
E5-44	34	119820	0.86	E5-30	14	26453	0.93
E6-0	22	51360	0.71	E6-0	13	42775	0.88
E6-20	33	106120	0.88	E6-10	19	22306	1.16
E6-40	23	35240	0.66	E6-20	20	10312	1.54
E7-0	30	147340	0.77	E7-0	10	10168	0.53
E7-22	27	140400	0.84	E7-15	14	3896	1.06
E7-44	25	137040	0.90	E7-30	4	4101	0.12
E8-0	24	171080	0.80	E8-0	13	13861	1.21
E8-15	27	78140	0.86	E8-15	20	17776	0.99
E8-30	32	114920	0.90	E8-30	19	38226	0.86
E9-0	24	107260	0.94	E9-0	16	22630	1.07
E9-11	29	132820	1.01	E9-15	17	21143	0.78
E9-22	29	131000	0.95	E10-0	17	17705	0.53
E10-0	19	48460	0.85	E10-15	11	6707	1.00
E10-33	29	37580	0.95	E10-30	17	18225	0.97
E10-66	24	19780	1.00	E11-0	21	15489	1.34
E11-0	25	105980	0.74	E11-15	21	21161	1.03
E11-15	29	103580	0.93				
E11-30	27	112340	0.97				

6.5.2 ANTAR XX y XXI

El índice de diversidad (H') en general fluctuó entre 0,01 y 1,97 bits·célula⁻¹. Ambos veranos presentaron índices de diversidad bajos, mostrando una distribución bastante homogénea con valores entre 1 y 1,97 bits·célula⁻¹ a excepción de las estaciones E08 y E09 (ANTAR XX) en donde los valores son muy bajos (< 0,1 bits·células⁻¹) asociados a una baja riqueza de especies (<11, ver Tabla 16).

Tabla 16. Número de especies, abundancia e índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') registrados para ANTAR XX y XXI.

Est/Prof	ANTAR XX N° Especies	Abundancia	Shannon (H')	ANTAR XXI N° Especies	Abundancia	Shannon (H')
E1-0	19	46502	1,49	11	6598	1,68
E1-10	13	16897	1,60	12	10567	1,87
E1-20	15	33979	1,62	14	8700	1,45
E2-0	10	14983	1,34	6	2320	1,29
E2-10	20	30504	1,63	14	8458	1,51
E2-20	16	40532	1,60	16	14204	1,84
E3-0	10	2940	1,50	12	9317	1,97
E3-10	10	43077	0,72	13	16631	1,76
E3-20	13	23940	1,40	12	11324	1,21
E4-0	11	11150	1,45	8	2260	1,00
E4-10	21	9177	1,52	10	14872	1,65
E4-20	20	13380	1,62	10	9880	0,71
E5-0	13	23431	0,86	12	8268	1,45
E5-10	12	29787	0,69	14	16060	1,72
E6-0	15	7789	1,90	8	7187	1,76
E6-10	15	23916	1,16	8	7276	1,51
E6-20	16	52857	1,05	12	22028	1,54
E7-0	11	4850	1,60	6	3435	1,28
E7-10	16	23180	1,30	12	11116	1,86
E7-20	13	48454	1,06	13	24268	1,50
E8-0	7	32110	0,10	7	5078	1,53
E8-10	9	127991	0,06	13	28076	1,22
E8-20	11	367471	0,02	12	21780	1,54
E9-0	5	409010	0,01	9	22564	1,44
E9-10	9	165187	0,07	10	7291	1,65
E10-0	8	4209	1,49	9	33861	0,88
E10-10	10	10275	1,01	9	25076	1,45
E10-20	8	11506	1,02	13	13794	1,83
E11-0	9	4609	1,33	6	5822	1,16

E11-10	9	14747	1,22	14	19043	1,84
E11-20	7	3715	1,22	12	47522	0,77

6.6 Variación espacial según transectos

6.6.1 ANTAR XVIII

De la prueba de similaridad (Bray-Curtis) de las comunidades fitoplanctónicas para la expedición científica ANTAR XVIII se obtuvo lo siguiente:

En superficie todas las muestras mostraron semejanza mayor al 60% excepto la muestra 2 (Figura 36). En media agua todas las muestras mostraron semejanza mayor al 65% excepto la muestra 1. (Figura 37) y en fondo todas las muestras mostraron semejanza mayor al 55%. (Figura 38).

El análisis de ordenamiento mediante el NMDS para el Antar XVIII (Figura 39) mostró que no hubo diferencias significativas de la composición fitoplanctónica entre los niveles de la columna de agua, lo que se pudo corroborar realizando un análisis de similaridades (ANOSIM), lo cual indicaría que no existe diferencias en la estructura comunitaria en estos tres niveles de la columna de agua ($R < 0,025$ indica comunidades homogéneas). Los resultados son mostrados en la Tabla 17.

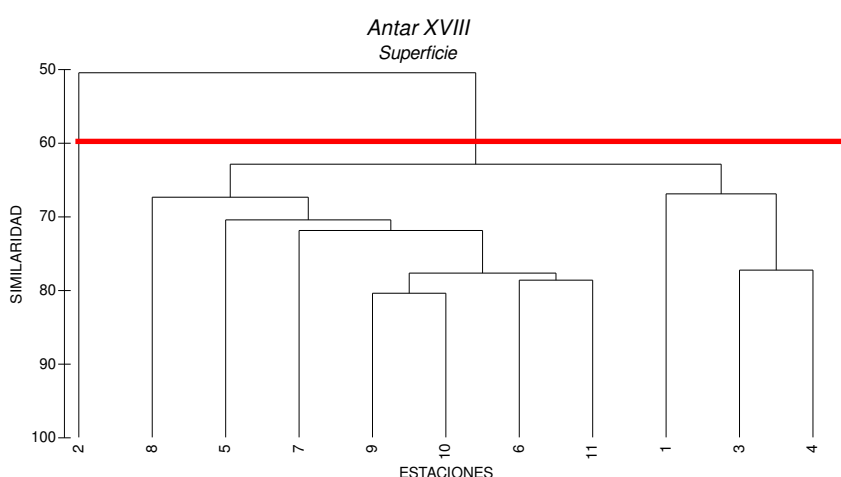


Figura 36. Dendrograma de similaridad entre muestras del fitoplancton en superficie, durante la expedición científica ANTAR XVIII (verano austral 2008) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

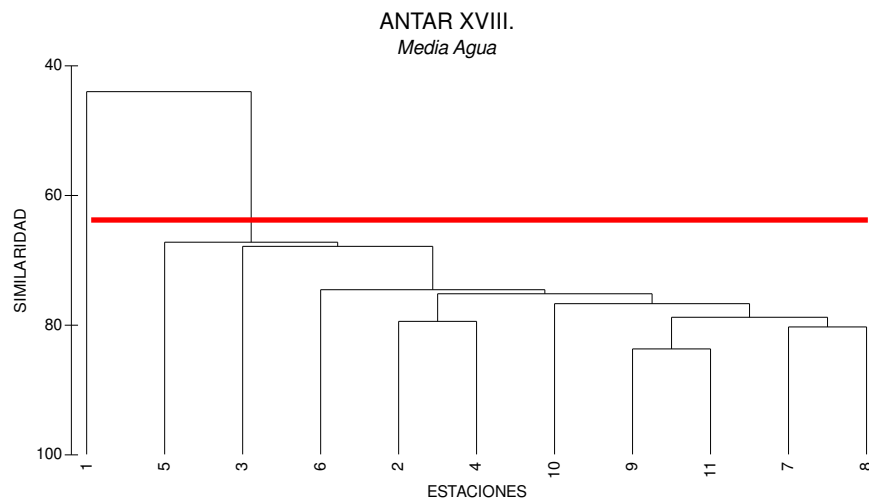


Figura 37. Dendograma de similaridad de las comunidades fitoplanctónicas en media agua, registrados en las estaciones durante la expedición científica ANTAR XVIII (verano austral 2008) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.



Figura 38. Dendograma de similaridad de las comunidades fitoplanctónicas en el fondo, registrados en las estaciones durante la expedición científica ANTAR XVIII (verano austral 2008) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Tabla 17. Similaridad del ANOSIM ($R < 0,25$) espacial para comparar la comunidad fitoplanctónica en los tres niveles (S=superficie, M=media agua, F=fondo) de la columna de agua en el ANTAR XVIII. (R: estadístico, sig: significancia)

ANTAR XVIII	R	Sig. (%)
S, M	0,027	23,1
S, F	0,046	13,6
M, F	-0,024	69,5
Total	0,014	28,2

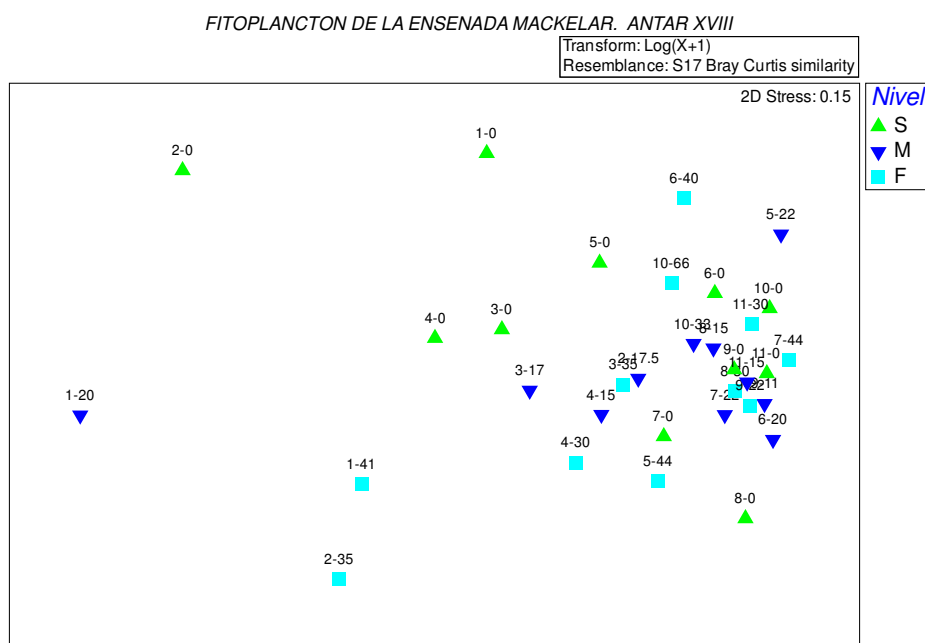


Figura 39. Análisis de ordenamiento NMDS de similitud de las comunidades fitoplanctónicas por estaciones a diferentes niveles de la columna de agua (S=superficie, M=media agua, F=fondo) registrado en el ANTAR XVIII en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

6.6.2 ANTAR XIX

Del análisis comunitario de similitud (Bray-Curtis) de las comunidades fitoplanctónicas en la expedición científica ANTAR XIX tenemos lo siguiente:

En superficie todas las muestras mostraron semejanzas mayores al 50% con excepción de las muestras 2 y 3 (Figura 40), a 15 m todas las muestras mostraron semejanzas mayores al 50% (Figura 41) y a 30 m todas las muestras mostraron semejanzas mayores al 40% con excepción de la muestra 7 (Figura 42).

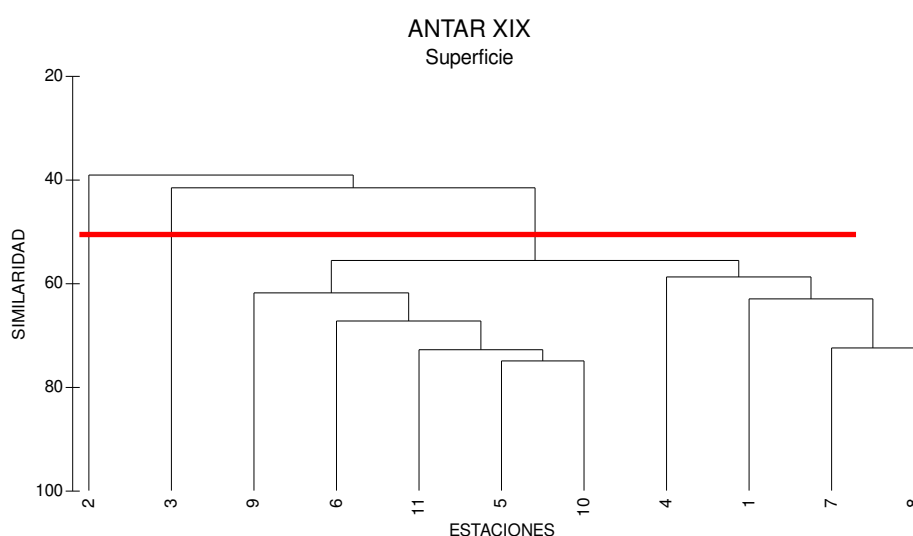


Figura 40. Dendrograma de similitud de las comunidades fitoplanctónicas en superficie, registrados en las estaciones durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

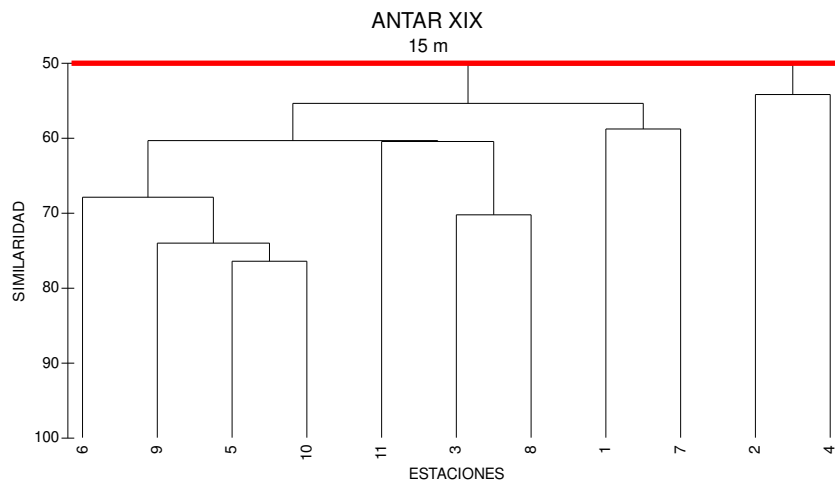


Figura 41. Dendrograma de similitud de las comunidades fitoplanctónicas (15m), registrados en las estaciones durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

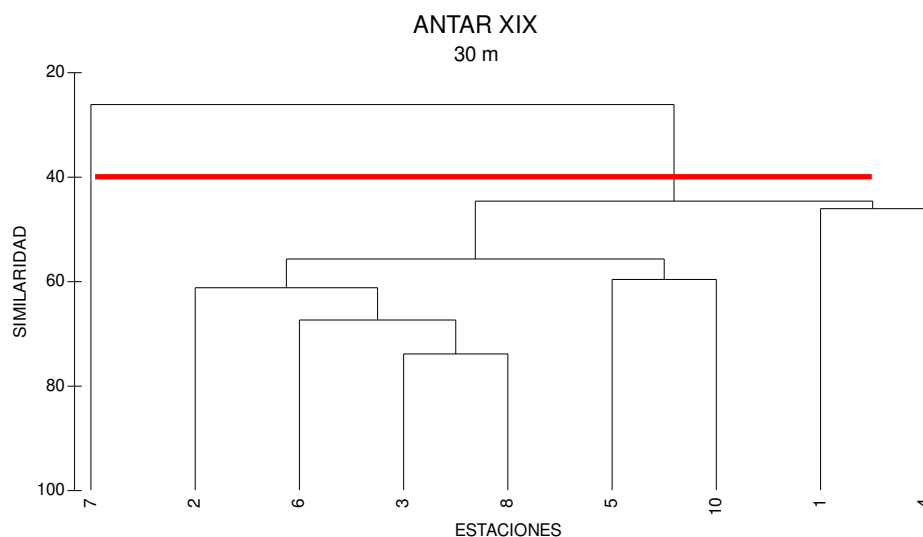


Figura 42. Dendrograma de similitud de las comunidades fitoplanctónicas (30m), registrados en las estaciones durante la expedición científica ANTAR XIX (verano austral 2010) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

El análisis de ordenamiento mediante el NMDS para el Antar XIX (Figura 43) mostró que no hubo diferencias significativas entre los niveles de la columna de agua, lo que se pudo corroborar realizando un análisis de similitud (ANOSIM), lo cual indicaría que no existe diferencias en la estructura comunitaria en estos

tres niveles de la columna de agua ($R < 0,25$ indica comunidades homogéneas; $p > 0,05$ diferencias significativas). Los resultados son mostrados en la Tabla 18.

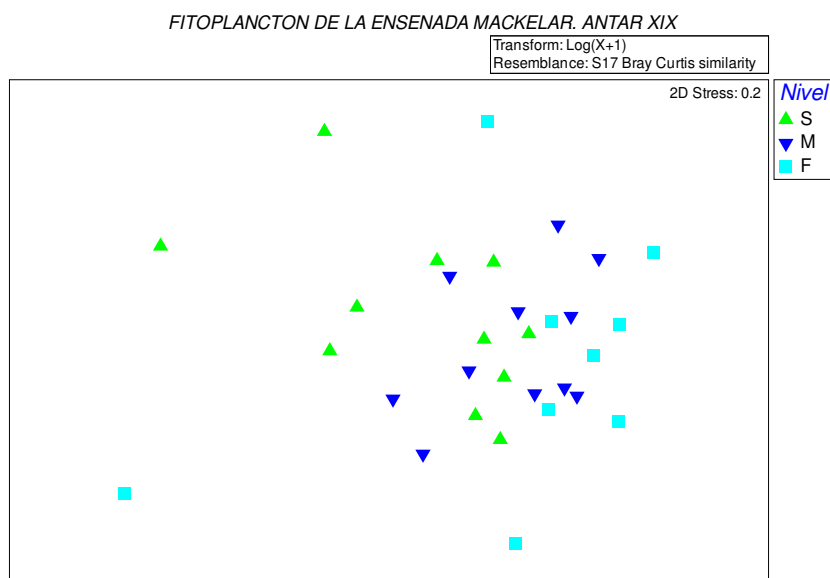


Figura 43. Análisis de ordenamiento NMDS de similitud de las comunidades fitoplanctónicas por estaciones a diferentes niveles de la columna de agua (S=0m, M=15m, F=30m), registrado en el ANTAR XIX en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Tabla 18. Similitud del ANOSIM ($R < 0,25$) espacial para comparar en los tres niveles de la columna de agua (S=0m, M=15m, F=30m) en ANTAR XIX. (R: estadístico, sig: significancia)

ANTAR XIX	R	Sig. (%)
S, M	0,064	10,5
S, F	0,153	2,6
M, F	-0,022	62,3
Total	0,07	0,07

6.6.3 ANTAR XX

Del análisis comunitario de similitud (Bray-Curtis) de las comunidades fitoplanctónicas en la expedición científica ANTAR XX encontramos lo siguiente:

En superficie se diferenci6 dos grupos, el primero conformado por las estaciones 8 y 9 y un segundo grupo conformado por las estaciones restantes, con un grado de similaridad por encima del 50% (Figura 44), a 10 m todas las muestras mostraron semejanzas mayores al 50% con excepci6n de la muestra 8 (Figura 45) y a 20 m se diferenci6 dos grupos, el primero conformado por las estaciones 8 y 9 y un segundo grupo conformado por las estaciones restantes, con un grado de similaridad por encima del 50% (Figura 46).

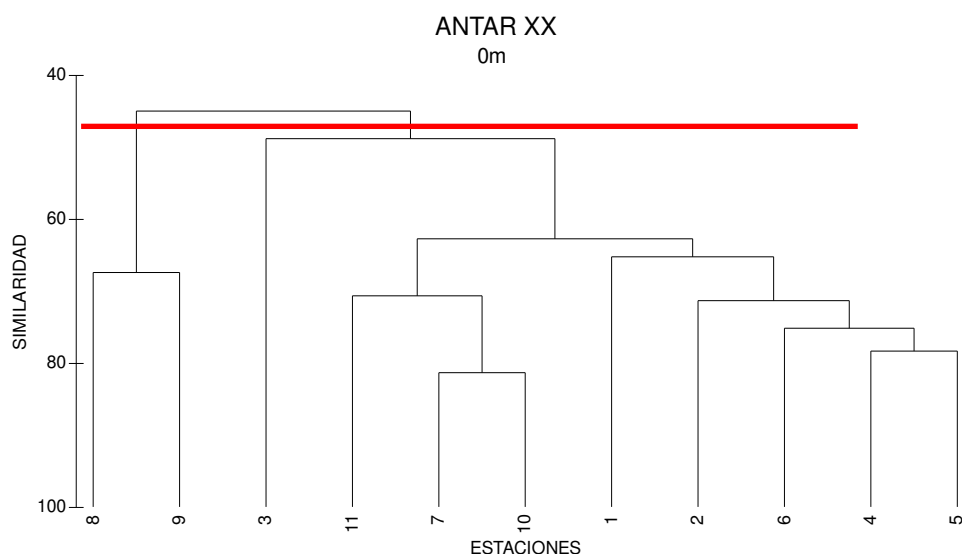


Figura 44. Dendrograma de similaridad de las comunidades fitoplanct6nicas en superficie, registrados en las estaciones durante la expedici6n cient6fica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bah6a del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

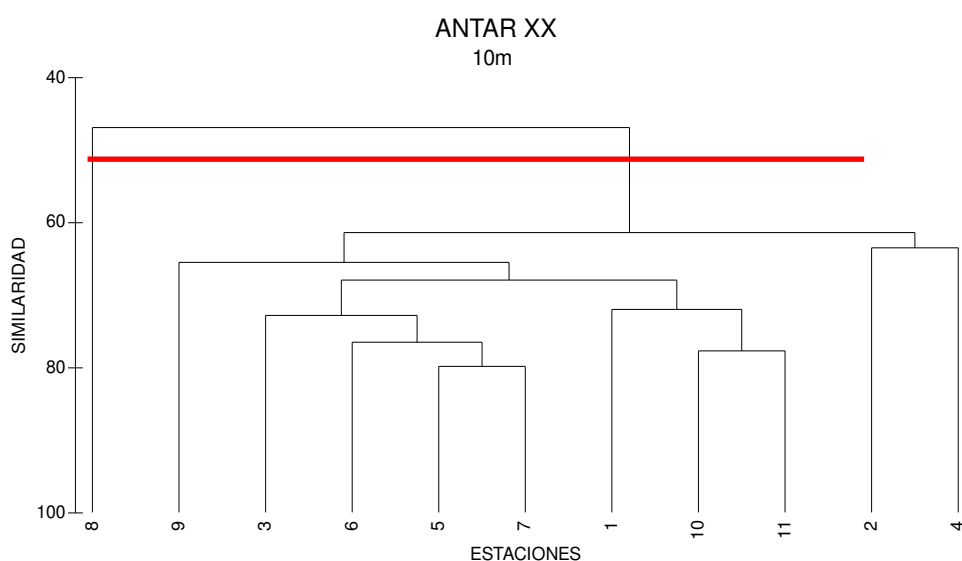


Figura 45. Dendograma de similaridad de las comunidades fitoplanctónicas (10m), registrados en las estaciones durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

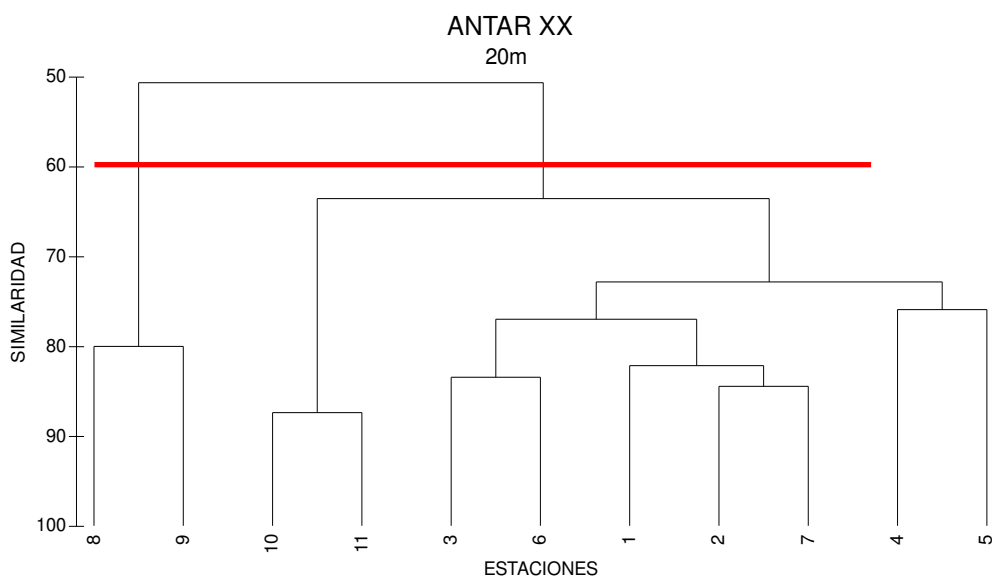


Figura 46. Dendrograma de similaridad de las comunidades fitoplanctónicas (20m), registrados en las estaciones durante la expedición científica ANTAR XX (verano austral 2012) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

El análisis de ordenamiento mediante el NMDS para el Antar XX (Figura 47) mostró que no hubo diferencias significativas entre los niveles de la columna de agua (0, 10 y 20 m), lo que se pudo corroborar realizando un análisis de similitud (ANOSIM), lo cual indicaría que no existe diferencias en la estructura comunitaria en estos tres niveles de la columna de agua ($R < 0,25$ indica comunidades homogéneas; $p > 0,05$ diferencias significativas). Los resultados son mostrados en la Tabla 19.

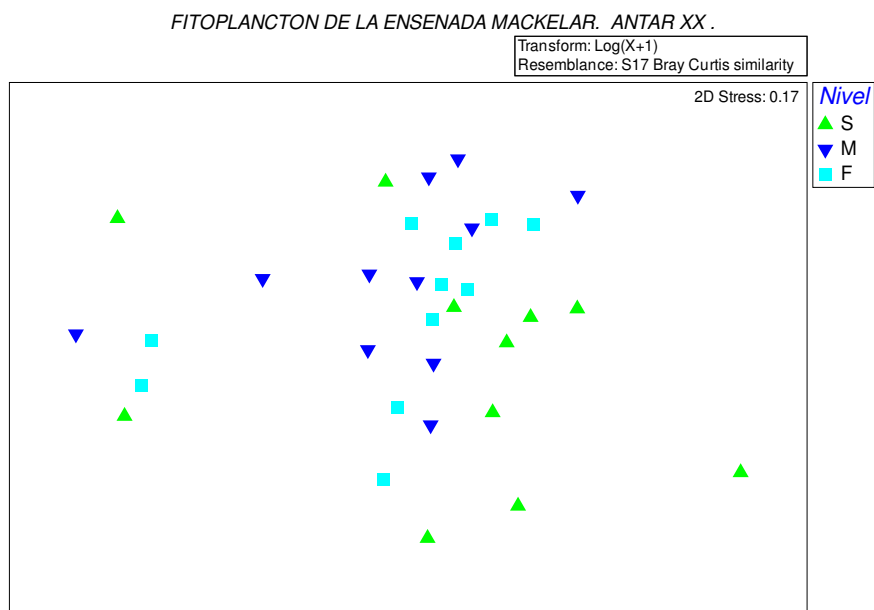


Figura 47. Análisis de ordenamiento NMDS de similitud de las comunidades fitoplanctónicas por estaciones a diferentes niveles de la columna de agua (S=0m, M=10m, F=20m), registrado en el ANTAR XX en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Tabla 19. Similitud del ANOSIM ($R < 0,25$) espacial para comparar diferencias en los tres niveles de la columna de agua (S=0m, M=10m, F=20m) en ANTAR XX. (R: estadístico, sig: significancia)

ANTAR XX	R	Sig. (%)
S, M	0,074	9,6
S, F	0,1	5,6
M, F	-0,045	74,5
Total	0,04	13,6

6.6.4 ANTAR XXI

Del análisis comunitario de similitud (Bray-Curtis) de las comunidades fitoplanctónicas en la expedición científica ANTAR XXI se tiene lo siguiente:

En superficie se diferenci3 un solo grupo conteniendo todos los puntos de muestreo (11 estaciones), con un grado de similaridad por encima del 55%. (Figura 48), a 10 m se diferenci3 un solo grupo conteniendo todos los puntos de muestreo, con un grado de similaridad por encima del 55% (Figura 49) y a 20 m se diferenci3 un solo grupo conteniendo todos los puntos de muestreo (11 estaciones), con un grado de similaridad por encima del 55% (Figura 50).

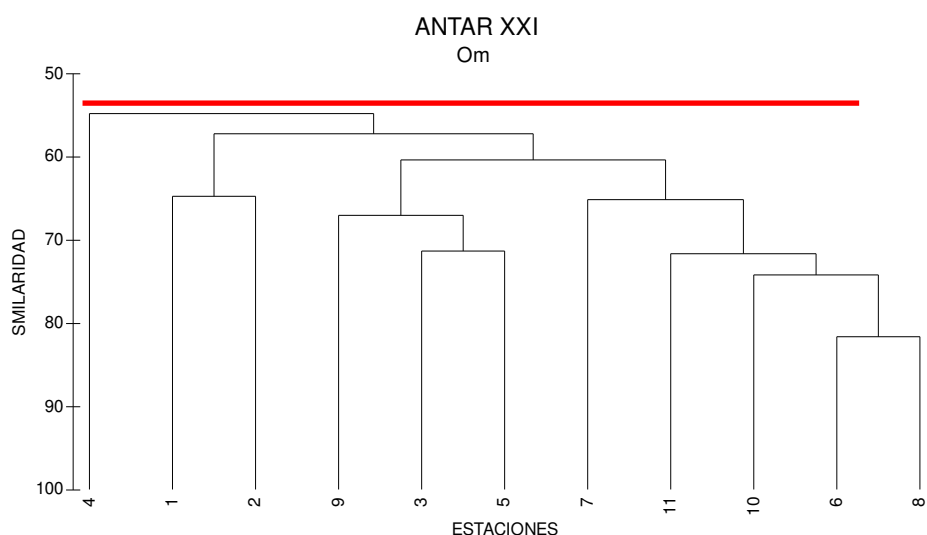


Figura 48. Dendrograma de similaridad de las comunidades fitoplanct3nicas (0m), registrados en las estaciones durante la expedici3n cient3fica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bah3a del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

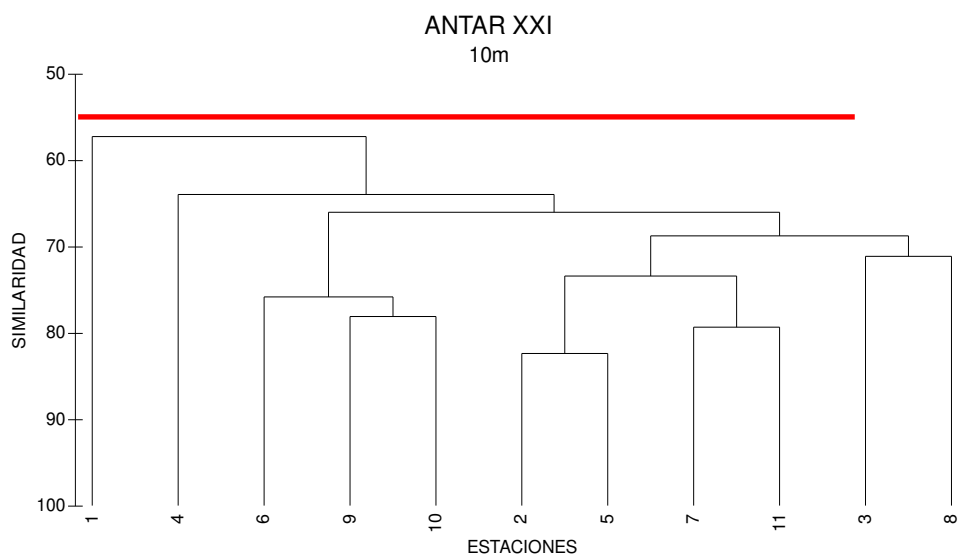


Figura 49. Dendrograma de similaridad de las comunidades fitoplanct3nicas (10m), registrados en las estaciones durante la expedici3n cient3fica ANTAR XXI

(verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

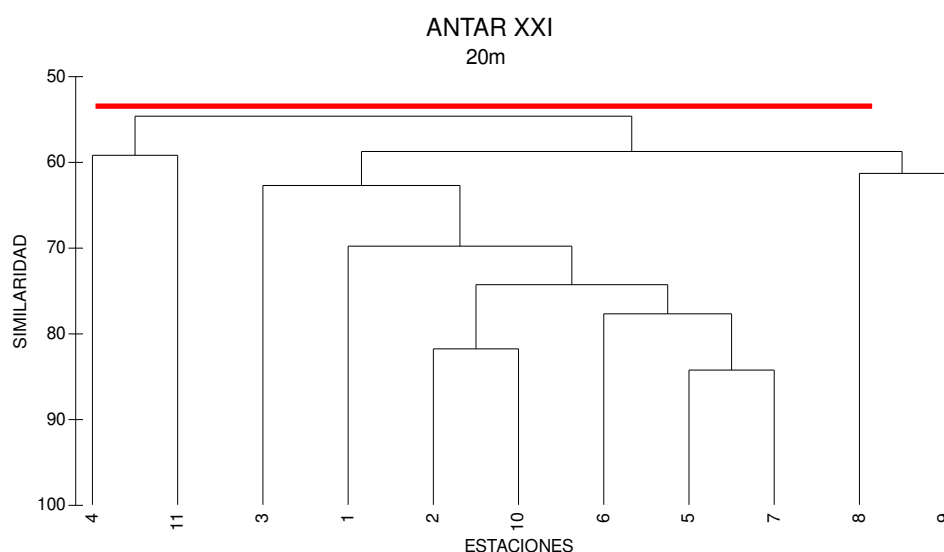


Figura 50. Dendrograma de similaridad de las comunidades fitoplanctónicas (20m), registrados en los puntos de muestreo durante la expedición científica ANTAR XXI (verano austral 2013) en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

El análisis de ordenamiento mediante el NMDS para Antar XXI (Figura 51) mostró que no hubo diferencias significativas entre los niveles de la columna de agua (0,10 y 20m), lo que se pudo corroborar realizando un análisis de similitudes (ANOSIM) lo cual indicaría que no existe diferencias en la estructura comunitaria en estos tres niveles de la columna de agua ($R < 0,25$ indica comunidades homogéneas; $p > 0,05$ diferencias significativas). Los resultados son mostrados en la Tabla 20.

Figura 51. Análisis de ordenamiento NMDS de similaridad de las comunidades fitoplanctónicas por estaciones a diferentes niveles de la columna de agua (S=0m, M=10m, F=20m), registrado en el ANTAR XXI en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

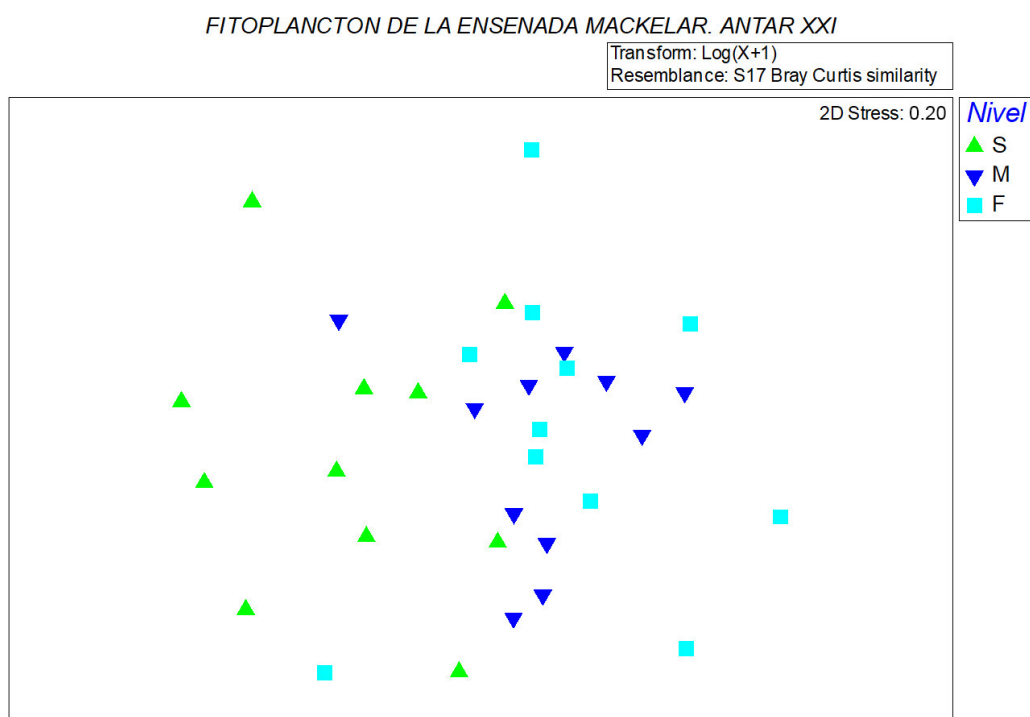


Tabla 20. Similaridad del ANOSIM ($R < 0,25$) espacial para comparar en los tres niveles de la columna de agua (S=0m, M=10m, F=20m) en el ANTAR XXI. (R: estadístico, sig: significancia)

ANTAR XXI	R	Sig. (%)
S, M	0,261	0,4
S, F	0,283	0,2
M, F	0,008	39,1
Total	0,179	0,1

6.7 Variaciones Temporales

6.7.1 Variaciones temporales de la densidad integrada (NMDS)

A partir de los valores integrados de la densidad en la columna de agua y transformando estos valores a $\text{Log}(X+1)$ se observan las variaciones temporales de la densidad fitoplanctónica en las 4 expediciones científicas. Se evidenció en el NMDS que a partir del 57% de similaridad se separa los ANTAR en el tiempo (Fig. 52).

La densidad integrada de fitoplancton (toda la columna de agua) utilizando el ordenamiento mediante NMDS evidenció cambios temporales marcados, los cuales se corroboran utilizando la prueba ANOSIM ($R=0,972$; $P<0,05$) (Tabla 21). Estos cambios temporales marcados se deben a la abundancia de las especies fitoplanctónicas anteriormente mencionadas para cada ANTAR.

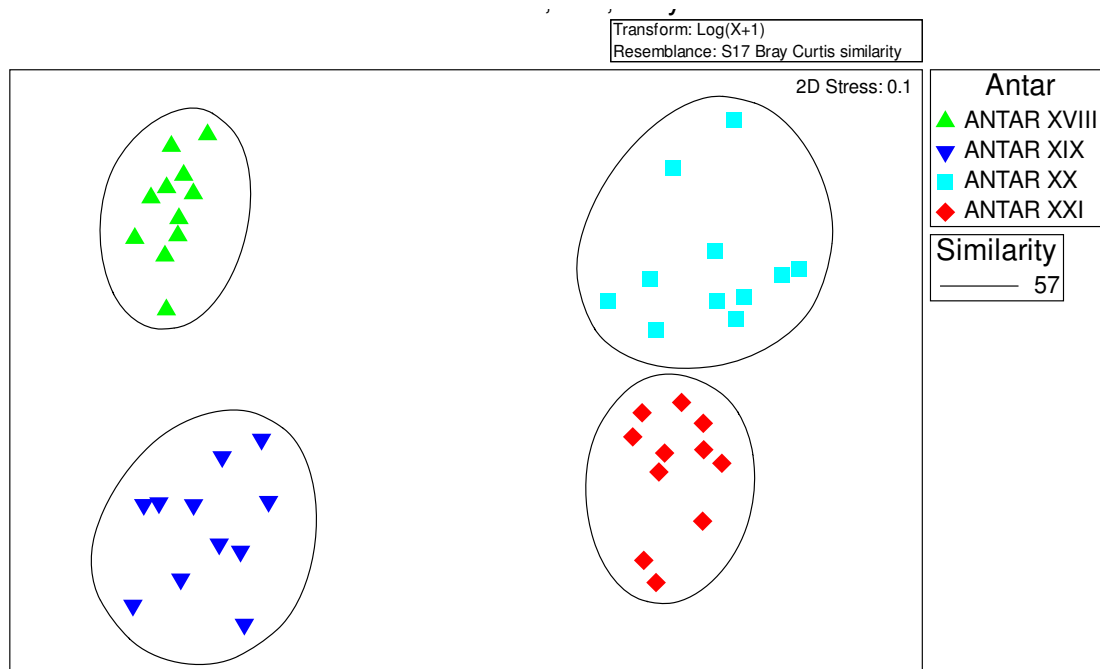


Figura 52. Análisis de ordenamiento NMDS de Similitud (57%) de las comunidades fitoplanctónicas por estaciones, a partir de datos integrados de densidad, registrados en los ANTARES XVIII, XIX, XX y XXI en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Tabla 21. Similaridad del ANOSIM ($R<0,25$) espacial para comparar la densidad en los cuatro ANTARES. (R: estadístico, p: p-valor).

Grupos	R	p
ANTAR XVIII, ANTAR XIX	0.996	0.1%
ANTAR XVIII, ANTAR XX	1	0.1%
ANTAR XVIII, ANTAR XXI	1	0.1%
ANTAR XIX, ANTAR XX	0.999	0.1%
ANTAR XIX, ANTAR XXI	1	0.1%
ANTAR XX, ANTAR XXI	0.781	0.1%

6.7.2 Variación temporal de la composición de especies por el método de presencia/ausencia de fitoplancton

A partir de los datos de la densidad integrada se hace la transformación de presencia/ausencia en la matriz para tener solamente la composición de especies para cada estación en cada ANTAR. El análisis de ordenamiento mediante el NMDS para comparar los cuatro Antares (Figura 53) mostró que hubo diferencias significativas en la composición de especies fitoplanctónicas, lo que se pudo corroborar realizando un análisis de similaridad (ANOSIM), lo cual indicaría que existe una variación temporal en la composición de especies ($R=0,947$; $p<0,05$). Los resultados son mostrados en la Tabla 22.

Estos cambios temporales en el tiempo se manifiestan a nivel de la composición de especies, es decir en cada ANTAR se encontró un grupo de especies que difieren entre Antares.

En el Antar XVIII las especies que caracterizan esta comunidad con mas del 90% de frecuencia son *Fragilariopsis cylindrus*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Fragilariopsis* sp. *Haslea trompii*, *Licmophora antarctica*, *Pseudonitzschia grupo delicatissima*, *Thalassiosira antarctica*, *Thalassiosira delicatula*, *Thalassiosira* sp. *Pronoctiluca pelágica*, *Leucocryptos marina* y *Microflagelado* sp (Anexo 7, 8 y 9)

En el Antar XIX las especies que caracterizan esta comunidad con mas del 80% de frecuencia son *Navicula* sp. *Thalassiosira delicatula*, *Gyrodinium* sp., *Pronoctiluca pelágica*, y *Microflagelado* sp. (Anexo 10, 11 y 12)

En el Antar XX las especies que caracterizan esta comunidad con mas del 80% de frecuencia son *Corethron pennatum* (=C. *criophilum*), *Haslea trompii*, *Porosira glacialis*, *Thalassiosira antarctica*, *Thalassiosira* sp. *Gyrodinium lachryma* y *Microflagelado* sp. (Anexo 13, 14 y 15).

En el Antar XXI las especies que caracterizan esta comunidad con mas del 90% de frecuencia son *Porosira glacialis*, *Pseudonitzschia grupo delicatissima*, *Thalassiosira antarctica*, *Thalassiosira delicatula*, *Gyrodinium lachryma* y *Microflagelado* sp. (Anexo 16,17 y 18).

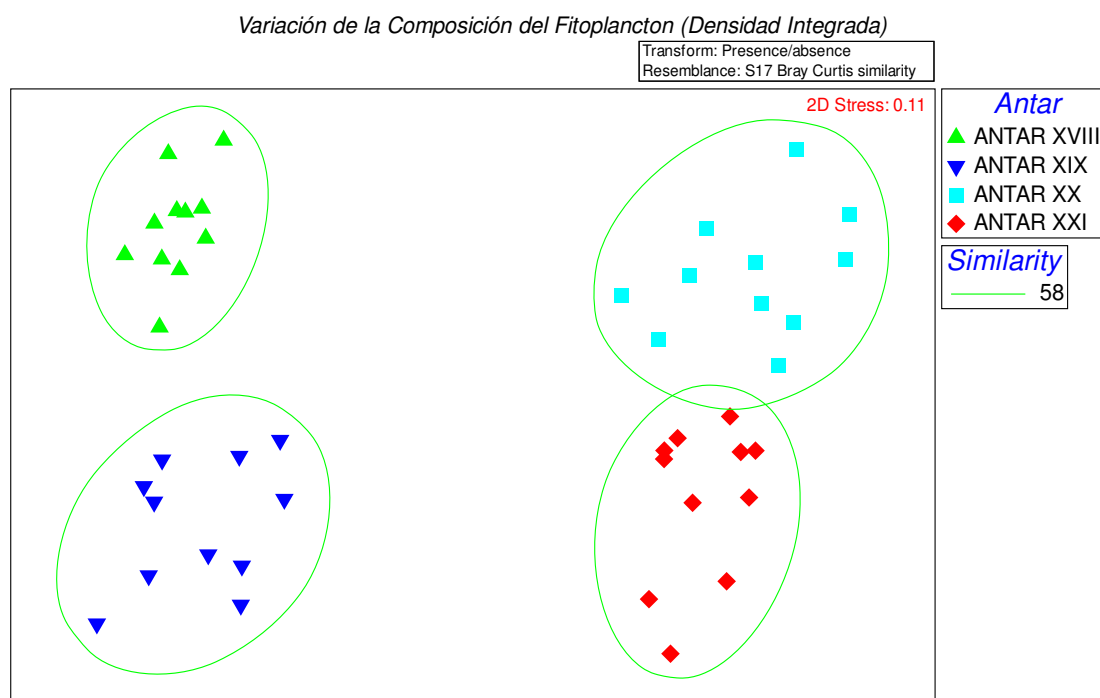


Figura 53. Análisis de ordenamiento NMDS de similaridad mediante el método de Presencia/Ausencia de las comunidades fitoplanctónicas por estaciones, a partir de datos integrados de densidad. Registrados en los ANTARES XVIII, XIX, XX y XXI en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Tabla 22. Similaridad del ANOSIM espacial para comparar los ANTAR (R: estadístico, p: p-valor)

Grupos	R	p
ANTAR XVIII, ANTAR XIX	0.963	0.1%
ANTAR XVIII, ANTAR XX	0.999	0.1%
ANTAR XVIII, ANTAR XXI	1	0.1%
ANTAR XIX, ANTAR XX	0.995	0.1%
ANTAR XIX, ANTAR XXI	1	0.1%
ANTAR XX, ANTAR XXI	0.674	0.1%

6.8 Análisis de las variables bióticas y abióticas

6.8.1 Análisis de las variables bióticas y abióticas para ANTAR XIX

En la expedición científica Antar XIX se procedió a correlacionar las variables bióticas con las variables abióticas. La abundancia del fitoplancton se correlacionó positivamente con la salinidad (Tabla 23).

Tabla 23. Análisis de Correlación de Spearman ($p < 0.05$) de las variables abioticas vs. variables bióticas para ANTAR XIX (verano austral 2010).

Parámetros	Spearman	N° Especies	Abundancia	Riqueza	Equidad	Diversidad	Dominancia
Temperatura	Coef. correlación	-0.234	0.178	-0.174	-0.338	-0.279	-0.215
	p	0.459	0.573	0.583	0.285	0.378	0.497
Salinidad	Coef. correlación	0.023	-0.673	0.091	0.391	0.364	0.018
	p	0.942	0.033	0.774	0.216	0.250	0.954
Oxígeno	Coef. correlación	0.078	0.073	0.055	-0.391	-0.318	-0.327
	p	0.806	0.818	0.863	0.216	0.314	0.301
Ph	Coef. correlación	-0.443	-0.118	-0.382	0.036	0.018	0.091
	p	0.161	0.709	0.227	0.908	0.954	0.774

6.8.2 Análisis de las variables bióticas y abióticas del ANTAR XX

Para el Antar XX la riqueza se correlacionó positivamente ($P < 0.05$) con la temperatura (Tabla 24).

Tabla 24. Análisis de Correlación de Spearman ($p < 0.05$) de las variables abioticas vs. variables bióticas para ANTAR XX (verano austral 2012).

Parámetro	Spearman	N° Especies	Abundancia	Riqueza	Equidad	Diversidad	Dominancia
-----------	----------	----------------	------------	---------	---------	------------	------------

Temperatura	Coef.	-0.772	-0.146	-0.747	0.027	-0.232	-0.255
	correlación						
	p	0.015	0.645	0.018	0.931	0.463	0.420
Salinidad	Coef.	-0.166	0.009	-0.196	0.018	-0.032	-0.041
	correlación						
	p	0.601	0.977	0.536	0.954	0.920	0.897
Oxígeno	Coef.	0.445	0.000	0.427	0.009	0.146	0.200
	correlación						
	p	0.159	1.000	0.177	0.977	0.646	0.527
pH	Coef.	0.161	0.246	0.109	0.164	0.173	0.255
	correlación						
	p	0.612	0.438	0.730	0.605	0.585	0.421

6.8.3 Análisis de las variables bióticas y abióticas para ANTAR XXI

En la expedición científica Antar XXI se procedió correlacionar las variables bióticas con las variables abióticas (Tabla 25). En cuanto a la relación de los parámetros físico-químicos con la abundancia de las especies, riqueza, equidad, diversidad y dominancia, no se encontró una correlación significativa.

Tabla 25. Análisis de Correlación de Spearman ($p < 0.05$) de las variables abioticas vs. variables bióticas para ANTAR XXI (verano austral 2013).

Parámetro	Spearman	N° Especies	Abundancia	Riqueza	Equidad	Diversidad	Dominancia
Temperatura	Coef.						
	correlación	0.284	0.464	0.000	0.191	0.300	0.264
	p	0.370	0.143	1.000	0.546	0.343	0.405
Salinidad	Coef.						
	correlación	-0.385	-0.305	-0.260	0.355	0.346	0.319
	p	0.224	0.334	0.412	0.261	0.274	0.313
Oxígeno	Coef.						
	correlación	0.271	-0.515	0.506	0.305	0.269	0.232
	p	0.392	0.104	0.110	0.334	0.395	0.463
Ph	Coef.						
	correlación	0.343	0.422	0.239	-0.184	-0.064	-0.110
	p	0.278	0.182	0.451	0.562	0.839	0.728

6.8.4 Análisis de componentes principales (PCA) para ANTAR XIX, XX y XXI

Los resultados del ACP para la ordenación de los sitios de cada crucero por abundancia del fitoplancton muestran que los autovalores de los primeros dos ejes canónicos (2.28 y 1.09 respectivamente) explicaron juntos el 84.21 % de la varianza total de los datos comunitarios, el eje composicional 1 (CP1) explicó un 57.06% de la varianza y el eje composicional 2 (CP2) explicó el 27.15% de la varianza. Estos componentes permitieron separar bien los cruceros evaluados. Los ejes composicionales 1 y 2 fueron estadísticamente significativos. Los ejes composicionales 3 y 4 solo aportaron 9.48% y 6.31 % de la varianza respectivamente (Tabla 26).

El CP1 estuvo correlacionado fuertemente con la temperatura y salinidad de las aguas, esto nos indica que para ANTAR XX (verano 2012) el aumento de la temperatura involucra un aumento de la abundancia del fitoplancton, así mismo la alta salinidad de las aguas involucra un aumento de la abundancia fitoplanctónica.

El CP2 mostró las más altas correlaciones con el pH, esto nos indica que para ANTAR XXI (veranos 2013) la abundancia del fitoplancton puede involucrar un aumento en los valores de pH. (Figura 38).

Tabla 26. Estadística Multivariado. Resultado de PCA para ANTAR XIX, XX y XXI.

CP	Valor propio	Varianza (%)
1	2.28	57.06
2	1.09	27.15
3	0.38	9.48
4	0.25	6.31

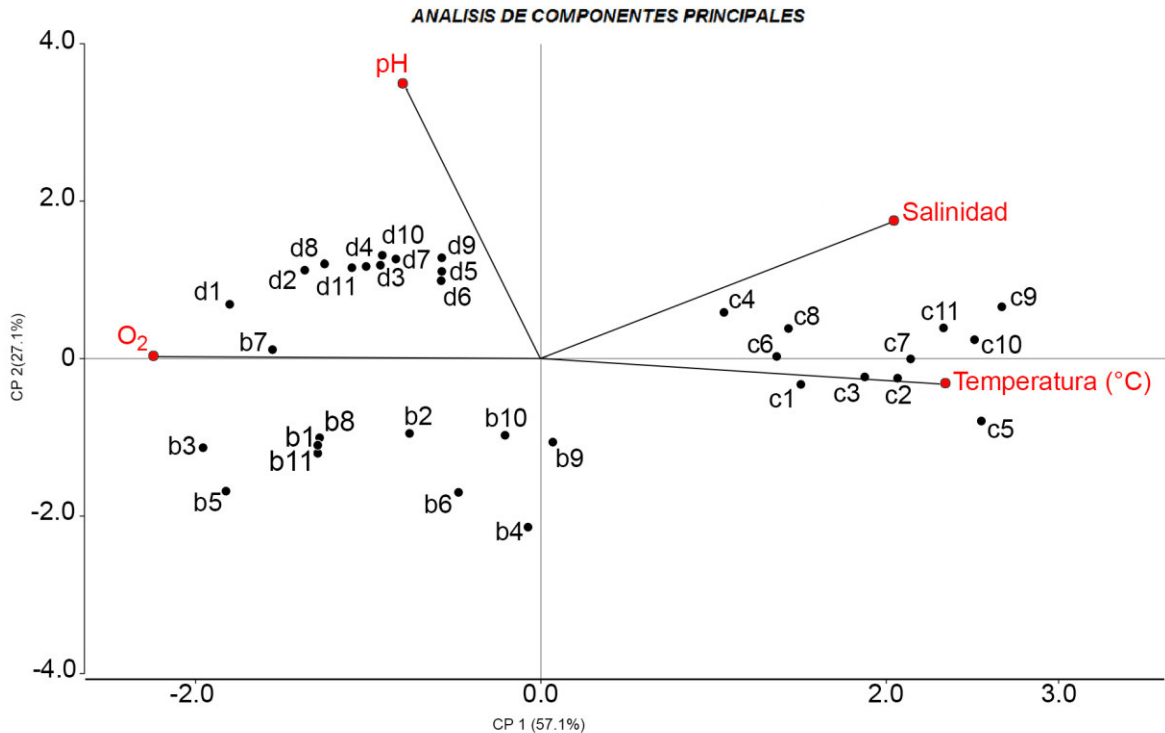


Figura 38. Representación de los dos primeros ejes del análisis de Componentes Principales (ACP) de las muestras basado en la abundancia del fitoplancton. Leyenda: b= Antar XIX, c= Antar XX, d= Antar XXI.

Los resultados de la correlación de Spearman corroboran los resultados del análisis PCA mostrados previamente, en él se atribuye que las métricas univariadas como N° de especies, abundancia, riqueza de especies, equidad, diversidad y dominancia del fitoplancton se correlacionaron ($P < 0.05$) positivamente con la variable pH, mostrando una correlación significativa. Asimismo, el N° de especies y riqueza de especies se correlacionó positivamente con la variable salinidad (Tabla 27).

Tabla 27. Análisis de Correlación de Spearman para las variables abióticas vs. variables bióticas. ANTAR XIX, XX y XXI.

Parámetro	Spearman	Nº Especies	Abundancia	Riqueza	Equidad	Diversidad	Dominancia
Salinidad	Coef. correlación	-0.503	-0.011	-0.556	0.194	0.115	0.088
	p	0.003	0.950	0.001	0.279	0.523	0.628
O2	Coef. correlación	,224	-,218	,287	,168	,189	,203
	p	,211	,223	,105	,351	,291	,257
pH	Coef. correlación	-,618	-,489	-,559	,619	,496	,557
	p	,000	,004	,001	,000	,003	,001
Temperatura (°C)	Coef. correlación	-,224	,399	-,282	-,206	-,251	-,252
	p	,211	,021	,112	,251	,158	,158

7. DISCUSIÓN

7.1.1 Variables fisicoquímicas

En el verano 2010 la temperatura superficial presentó un valor promedio de 0,84 °C, presentando los valores más bajos en el transecto 1 y 2 (cerca al glacial Domeko), mientras que en el transecto 3 (entrada de la ensenada) se presentaron los valores más altos, otros estudios evidencian que el incremento de la temperatura del agua indica una influencia de diferentes corrientes de aguas cálidas (Kopczynska, 2008).

Para el verano 2010 la temperatura también mostró diferencias significativas ($p < 0.05$; $H = 7.17$), con mayores registros a nivel superficial comparados a los otros niveles. En todo el verano las altas temperaturas causan la desglaciación y el enriquecimiento de nutrientes en la columna de agua (Vanzan *et al.*, 2015).

En los veranos 2010, 2012 y 2013 se encontraron diferencias significativas de los registros de salinidad entre los niveles de la columna de agua ($p < 0.05$ $H = 8.81$: 2010, $H = 10.68$: 2012 y $H = 18.30$: 2013), en donde se presentan menores valores de salinidad a nivel superficial comparado con los otros niveles, esto debido a los procesos de desglaciación que presenta la ensenada Mackellar, esto también fue corroborado por Wasilowska *et al.* (2015) quienes encontraron en enero del 2010 para la ensenada Ezcurra, afluencia de agua dulce del hielo derretido y el incremento de la temperatura del agua, lo cual causó disminución de las salinidades superficiales (< 34 UPS) en las estaciones localizadas en la ensenada Ezcurra, creando condiciones adecuadas para una capa de mezcla superficial < 2 m y el incremento de la estabilidad de la columna de agua. En toda la región de la Península Antártica Occidental, muchos estudios han encontrado correlaciones significativas entre la estabilidad de la columna de agua (en gran parte como resultado de los lentes de agua dulce producidas por la fusión de hielo marino y el escurrimiento glacial) y las concentraciones de diatomeas en la región (Kang y Lee, 1995; Garibotti *et al.*, 2003b, 2005). La capa de mezcla superficial puede permitir que las células algales permanezcan en la parte superior de la columna de agua y que crezcan bajo un régimen de luz apropiado (Garibotti *et al.*, 2005).

Vanzan *et al.* (2015) mencionan que la distribución vertical de la temperatura, salinidad y nutrientes a lo largo de las investigaciones en las zonas costeras superficiales de la BA no son muy significativas, lo cual sugiere que no ocurre una fuerte estratificación vertical, como lo describieron estudios previos de Brandini (1993), Donachie (1996), y Dennett *et al.* (2001). Este hallazgo se puede explicar por la combinación de: afloramientos locales, como lo indica la homogeneidad y relaciones similares entre variables abióticas o fracciones planctónicas en cada profundidad (Madejski y Rakusa-Suszczewski 1990) y el efecto de los vientos y las corrientes, el cual puede crear una capa de mezcla que puede extenderse hasta 35 m de profundidad (Brandini, 1993).

En un estudio de la bahía Almirantazgo, concentrándose en la distribución vertical del fitoplancton a pequeña escala (cada 1m) (Kopczynska, 1980) revela que las diatomeas fueron principalmente encontradas en las capas de agua superficial de 0 a 30 m, mientras los picos de células algales, formados en muchos casos por nanoflagelados, fueron frecuentemente encontrados bajo la zona eufótica. Estudios a lo largo del área antártica oeste incluyen el estrecho de Bransfield, Pasaje Drake y Bahía Almirantazgo documentándose que los nanoflagelados usualmente dominaron numéricamente en áreas de condiciones de luz tenue (Kopczynska, 1992)

7.1.2 Variación temporal de las variables fisicoquímicas por ANTAR

Durante 2012 y 2013 se presentaron temperaturas superficiales de mar (TSM) en la ensenada MacKellar en un rango de diferencia entre 0.22 a 0.41 °C, respectivamente, mientras que en los alrededores de la bahía Almirantazgo los valores de TSM varían entre 0.75 ± 0.42 °C para el comienzo del verano 2011 y 1.61 ± 0.15 °C para finales del verano 2011 (Tenorio *et al.*, 2012). Cabe señalar, que los valores de salinidad en los alrededores de la Isla Rey Jorge presentaron signos de derretimiento del glaciar, lo cual se evidenció en la relación encontrada entre la gran cantidad de partículas suspendidas y los eventos de mortalidad de krill entre 2003 a 2012 (Fuentes *et al.*, 2016). En nuestra data la prueba kruskal Wallis arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los periodos estudiados, mostrando que la temperatura y la salinidad fueron significativamente más altas durante el verano 2010 (1.62°C y 33.99 UPS respectivamente). El incremento de

TSM en los alrededores de la Isla Rey Jorge durante 1970 a 1999, y sobre todo durante el 2010 muestra la señal de calentamiento que sufre esta zona Antártica, en especial las pequeñas bahías, canales y ensenadas de la Isla Rey Jorge, afectando gradualmente el ecosistema de los polos (Smetacek y Nicol, 2005).

7.1.3 Composición del fitoplancton

En la investigación del verano 2008 para la ensenada Mackellar se determinaron 60 taxa (47 diatomeas, 11 dinoflagelados y 2 microflagelados), para el verano 2010 se identificó 52 taxa (37 diatomeas, 13 dinoflagelados, 1 microflagelado y 1 silicoflagelado), para el verano 2012 se identificó 42 taxa (33 diatomeas, 6 dinoflagelados, 1 microflagelado, 1 silicoflagelado y 1 cocolitoforido) y finalmente para el verano 2013 se determinó 28 taxa (33 diatomeas, 4 dinoflagelados, 1 microflagelado y 1 cocolitoforido). Estudios realizados por otros autores como Sanchez y Villanueva (2001), Ochoa *et al.* (2016) y Sanchez *et al.* (2013) en el Estrecho de Bransfield documentan la presencia de un mayor número de taxa probablemente debido a un área de muestreo mucho mayor comparado con lo encontrado en nuestro trabajo, cuya área de muestreo es mucho menor, así la Bahía Almirantazgo cubre 122.08 km² de los cuales el principal cuerpo de agua cubre 52.3%, la ensenada Mackellar y Martel juntas constituyen el 31.5% y la ensenada Ezcurra el resto (16.2%) (Battke 1990),

En todos los Antares se evidencia una dominancia de la riqueza específica dada por las diatomeas, seguido de los dinoflagelados y por último los silicoflagelados y nanoflagelados, documentándose la misma tendencia de la composición para el Estrecho de Bransfield por los siguientes autores: Sanchez y Villanueva (2001) encontraron durante el verano austral 1999 una comunidad fitoplanctónica caracterizada por la presencia de 111 especies en total de las cuales 84 fueron diatomeas, 22 dinoflagelados, 3 flagelados y 2 silicoflagelados. Ochoa *et al.* (2016) identificaron para el verano austral 2006 una comunidad fitoplanctónica caracterizada por la presencia de 101 taxa, 71 diatomeas, 27 dinoflagelados, y microflagelados, así mismo para el verano austral 2007 identificaron 76 especies de las cuales 53 diatomeas y 18 dinoflagelados y 5 son microflagelados, Sanchez *et al.* (2013) determinaron 77 especies de fitoplancton durante el verano 2013,

siendo 38 diatomeas centrales, 25 diatomeas pennatas, 11 dinoflagelados, 1 silicoflagelado y 2 nanoflagelados ND.

Los nanoflagelados (primnesiofíceas) son componentes comunes del fitoplancton antártico tanto en la zona costera como fuera de esta y pueden dominar en las comunidades del plancton o se mezclan con diatomeas (Vernet, Mitchell y Holm-Hansen 1994). Estos taxones del fitoplancton, diatomeas y primnesiofíceas son los componentes principales del fitoplancton antártico costero y tienen implicaciones importantes para la red alimenticia antártica. Las diatomeas son comúnmente consideradas ser la principal fuente de alimento para el krill, *Euphausia superba* (Haberman, Ross, y Quetin 1993). Por otro lado, los flagelados se cree que son la mejor fuente de alimento para las salpas (Harbison y McAllister 1979)

Krebs, 1983 encuentra que la alta diversidad de especies de diatomeas criofílicas en aguas antárticas es probable por diferencias en los cultivos de diatomeas y las condiciones ecológicas dentro del hielo marino. En particular, una diversidad de nutrientes y condiciones de luz deben ser manifestadas para lograr una amplia variedad de conjuntos microflorales de hielo. Una sola microflora no caracteriza el hielo marino antártico, en cambio, se encuentran frecuentemente varias diatomeas, aunque no siempre en las mismas proporciones.

7.1.4 Abundancia fitoplanctónica

En el verano 2008 la abundancia (%) de la comunidad fitoplanctónica en la ensenada Mackellar estuvo dominada por diatomeas (57%), nanoflagelados (33%) y dinoflagelados (10%) con las especies dominantes *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (24%), *Leucocryptos marina* (16%), microflagelados (12%); *Fragilariopsis sp.* (9%) muy similar a lo reportado por Ochoa et al (2016) donde determinaron para la Bahía Almirantazgo (BA) del verano 2007 una comunidad fitoplanctónica dominada por microflagelados (60%), seguido de diatomeas (29%) y dinoflagelados (11%) cuyas especies más abundantes fueron *Leucocryptos marina* (28%), *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (9%), *Gymnodinium sp.* (6%),

Pronoctiluca pelágica (5%) y microflagelados ND 32%. Estudios previos realizados por Annet et al (2010) encontraron para el verano 2006-2007 comunidades de diatomeas cuyas contribuciones raramente excedían el 30% para una especie o grupo de especies, los autores encontraron al inicio de la temporada *Eucampia antarctica* (hasta 34%), con aportes periódicos de *Cylindrotheca closterium* (hasta el 22%) y el grupo *Proboscia* (hasta el 23%), al final de temporada de estudio *Chaetoceros* (*Hyalochaeta*) spp. (hasta el 34%) y algo de *Odontella weissflogii* (alrededor de 15%), como también se evidencia en nuestro trabajo para las especies *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (24%), *Fragilariopsis* sp. (9%) y *Thalassiosira antártica* (8%).

En la ensenada Mackellar del verano 2010 el grupo de los nanoflagelados y diatomeas, alcanzaron el 87% y 11% de la abundancia (%) respectivamente, cuyas especies dominantes fueron microflagelados ND. (72%) y *Leucocryptos marina* (15%) mientras que en el estudio realizado por Wasilowska (2015) en la ensenada Ezcurra en el verano 2009/2010 la contribución de diatomeas fue de 51% dada principalmente por las especies *Thalassiosira ritscheri* y *Thalassiosira antártica*.

En nuestro estudio las principales especies de la ensenada Mackellar para el verano 2013 estuvieron representadas por las diatomeas *Thalassiosira delicatula* (36%), *Pseudonitzschia grupo delicatissima* (9%), *Porosira glacialis* (6%), también dominaron los Microflagelados ND. (20%) y dentro del grupo de los dinoflagelados *Gymnodinium* sp. (19%), en cambio en el estudio realizado por Sánchez et al (2013) las diatomeas que sobresalieron fueron *Thalassiosira antarctica*, *Thalassiosira bulbosa* y *Corethron pennatum* (*Corethron criophilum*); de los nanoflagelados *Leucocryptos marina* y nanoflagelados N. D. y finalmente de los dinoflagelados *Gyrodinium lachryma* y *Gymnodinium frigidum*,

En zonas neríticas predominan diatomeas con alta tasa de reproducción como es el caso de los géneros *Pseudonitzschia* spp., *Fragilariopsis* sp y *Thalassiosira* sp. Kopczyńska (2008) encuentra que las poblaciones de diatomeas de verano en la costa y en las bahías abiertas difieren en su estructura. Diatomeas Pennales (*Pseudonitzschia* spp., *Fragilariopsis* spp.) y las especies de

diatomeas bentónicas predominan en las poblaciones costeras, mientras que las diatomeas céntricas (*Chaetoceros* spp. *Coretrhon pennatum*, *Thalassiosira* spp) dominan en las aguas abiertas. Sin embargo, durante algunos periodos de verano los ensambles de diatomeas pueden ser similares en varios sitios.

Los nanoflagelados fueron el grupo más abundante en la ensenada Mackellar para el verano 2010 y 2012. Otros estudios también reportan una dominancia numérica de nanoflagelados en la BA (Wasilowska, *et al.* 2015; Sanchez *et al.* 2013)

7.1.5 Densidad del Fitoplancton

En el verano del 2008, la densidad del fitoplancton en la ensenada Mackellar varió entre 3500 y 287 747 cel/L. Los valores de densidad fueron mayores entre 22 a 33 metros de profundidad, caso similar se dio en la BA en el verano 1987 en el estudio realizado por Brandini (1993) el cual se menciona que las diatomeas (<20 µm) estuvieron dominadas por *Nitzschia cylindrus* con densidades de 20 hasta 200 x 10³ células, alcanzando mayores concentraciones entre 10 y 25 m, disminuyendo con la profundidad. En el verano del 2013, la densidad del fitoplancton varió entre 2260 y 48 077 cel/L. Los valores de densidad fueron mayores en las estaciones 10 y 11 (perfil 3) y a nivel de 20 m, caso similar reportó Sanchez *et al.*, 2013 el mismo verano para el Estrecho de Bransfield donde halló una alta producción biológica por encima de los 25 m de profundidad en las regiones más costeras (islas Shetland del sur) con concentraciones superiores a 800 cel. mL⁻¹.

Las variaciones en la abundancia vertical del fitoplancton se pueden explicar por la actividad fotosintética de estas microalgas la cual aumenta en función de la intensidad lumínica, hasta el punto donde el aparato fotosintético se satura de luz, estos dos parámetros varían de un grupo fototrófico a otro. Así mismo, la ubicación de los organismos fotosintéticos en la columna de agua está determinada por estos dos parámetros. La intensidad luminica va disminuyendo a medida que se profundiza en la columna de agua es por esta razón que los organismos del fitoplancton a altas profundidades tienen poca actividad

fotosintética y sumado a ello en superficie puede darse el proceso de fotoinhibición por la fuerte intensidad lumínica.

7.1.6 Diversidad del fitoplancton

Los cuatro veranos australes presentaron bajos valores en los índices de diversidad, menores de $1,97 \text{ bits} \cdot \text{célula}^{-1}$, característica de una comunidad típica de la primera fase de la sucesión ecológica (Margalef 1958), características similares fueron reportadas por Antonietti (1989) Gómez (1991), Delgado (1999) y Sánchez y Villanueva (2001) para el Estrecho de Bransfield.

7.1.7 Variación espacial del fitoplancton

En cuanto a la distribución espacial del fitoplancton, no se encontró diferencias marcadas en los transectos estudiados, mas bien se evidencia una alta semejanza entre la mayoría de los puntos de muestreo, con un grado de similaridad por encima del 60%, para todas las Antares. Brandini y Rebello (1994), mencionan que la ausencia de un patrón de distribución horizontal podría ser explicado por los efectos de las mareas y los vientos en la BA lo cual crea homogeneidad a lo largo de la zona costera poco profunda baja como resultado de la circulación del agua. Así, la dominancia de mareas bajas y grandes oscilaciones del nivel del mar en los periodos de muestreo pueden haber contribuido a la homogeneidad observada entre las estaciones de muestreo (Vanzan *et al.*, 2015).

Es importante mencionar que en la Antártida se ha descrito un grupo especial de microalgas conocidas como “diatomeas bentónicas” que viven en el fondo, pegadas a las piedras o sedimentos. Ellas son capaces de hacer fotosíntesis con niveles de luz muy bajos (invierno). Esta capacidad se ha llamado foto-adaptación (Uribe 1982). En este estudio se encontraron un mayor numero de diatomeas bentónicas como *Achnanthes* sp., *Gyrosigma fasciola*, *Gyrosigma* sp. y *Licmophora antartica* para el verano 2012 y para el 2013 *Cocconeis* sp. y *Gyrosigma* sp., en toda la columna de agua del primer perfil, colindante a los glaciales de hielo, lo cual nos podría indicar que estas diatomeas están capacitadas para vivir debajo de las capas de hielo marino y sumando a ello los

altos niveles de luz durante todo el día en la columna de agua, característica propia de la época de verano.

Las floraciones de diatomeas usualmente están presentes cerca de la costa y raramente se unen con ensambles de diatomeas de aguas abiertas (Kopczynska 2008). Para el verano 2013 se encontró cerca de la costa (primer transecto) una composición de diatomeas influenciadas por especies bentónicas, mientras que en la entrada de la ensenada (tercer transecto) la composición de diatomeas (*Chaetoceros sociales*) puede ser influenciada por masas de agua del Estrecho de Bransfield.

7.1.8 Variación vertical del fitoplancton

La homogeneidad de la estructura comunitaria en los tres niveles de la columna de agua para el ANTAR XVIII, se debe principalmente a las especies que dominaron en frecuencia y abundancia, entre estas especies tenemos diatomeas como; *Pseudonitzschia grupo delicatissima*, *Thalassiosira antarctica*, *Fragilariopsis* sp. y *Fragilariopsis cylindrus*; dinoflagelados como *Pronoctiluca pelágica* y nanoflagelados como *Leucocryptos marina*, Microflagelado sp. y *Tetraselmis* sp. Para el ANTAR XIX la homogeneidad de la estructura comunitaria en los tres niveles de la columna de agua, se debe principalmente a las especies que dominaron en frecuencia y abundancia, entre estas tenemos Microflagelado spp., *Leucocryptos marina* y la diatomea *Thalassiosira delicatula*.

Para el ANTAR XX la homogeneidad de la estructura comunitaria en los tres niveles de la columna de agua, se debe principalmente a las especies que dominaron en frecuencia y abundancia, como los Microflagelados spp., y las diatomeas *Thalassiosira* sp. *Thalassiosira antarctica*, *Thalassiosira delicatula* y *Porosira glacialis*. Para el ANTAR XXI la homogeneidad de la estructura comunitaria en los tres niveles de la columna de agua, se debe principalmente a las especies que dominaron en frecuencia y abundancia, entre estas especies tenemos a *Thalassiosira delicatula*, *Pseudonitzschia grupo delicatissima* y *Porosira glacialis*, dentro del grupo de los nanoflagelados los Microflagelados spp.

El análisis de ordenamiento mediante el NMDS y el análisis de similitudes (ANOSIM), indicaría que no existe diferencias en la estructura comunitaria en los tres niveles de la columna de agua para los cuatro Antares estudiados, tal como se ha reportado en el estudio realizado por Ochoa et al, 2007 en una estación fija de la BA, quienes son una misma estructura comunitaria en los siete niveles de la columna de agua (0, 10, 20, 30, 50, 75 y 100 m), Sanchez y Villanueva (2001) en un estudio realizado en el estrecho de Bransfield mostraron que verticalmente el fitoplancton estuvo distribuido irregularmente, las mayores concentraciones (1000 cel.mL^{-1}) se localizaron entre los 10 y 25 m de profundidad y por debajo de los 30 m de profundidad una marcada disminución de las concentraciones totales de fitoplancton (50 cel.mL^{-1}), dentro del Estrecho de Bransfield. Wasilowska et al (2015) mencionan que un factor que afecta la biomasa y composición del fitoplancton en la Bahía Almirantazgo es la fuerza y dirección de los vientos, usualmente al inicio del verano, fuertes vientos katabaticos NW inducen una mezcla vertical profunda de aguas superficiales y genera fuertes corrientes responsable de la salida de nutrientes a las aguas superficiales hacia el océano abierto. Esto resulta en un periodo muy corto de estabilidad en la columna de agua demasiado corto para asegurar el desarrollo del fitoplancton.

Otras investigaciones, por ejemplo, la realizada por Rakusa-Suszczewski (1980) en la Bahía Almirantazgo, encuentra que la ausencia de fuertes corrientes que resuspenden el sedimento permite que las microalgas se hundan en el fondo de la zona eufótica causando baja abundancia de fitoplancton ($<10^3 \text{ cel. L}^{-1}$) en la columna de agua.

7.1.9 Variación temporal del fitoplancton

Es importante mencionar que existe un patron temporal de las comunidades fitoplanctónicas, el cual radica en la alternancia de la dominancia de diatomeas del microplancton y nanoflagelados, las cuales probablemente fueron causadas por la disminución de la salinidad y el aumento de oxígeno superficial observado en la Antártida, producto del deshielo (Baylón, *et al* 2019 en prensa)

Durante el verano 2010 y 2012 la prevalencia en dominancia de los nanoflagelados sobre las diatomeas se puede atribuir a diferentes factores ambientales, uno de ellos los pequeños cambios en la salinidad y las bajas temperaturas del agua. Pruszek (1980), reporta que los pequeños cambios en la salinidad, se producen principalmente por aporte agua dulce de los glaciares. En los veranos 2010 y 2012 la salinidad promedio para los estratos de 15 y 30m (verano 2010) y 0 y 20m (verano 2012) fue bastante uniforme, lo cual podría favorecer a las poblaciones de nanoflagelados, en cambio para el verano 2013 la salinidad fue mayor a los 20 m (34.04 UPS) comparado a nivel superficial lo cual indicaría un mayor aporte de agua dulce de los glaciares los cuales podrían favorecer más a las poblaciones de diatomeas que a los nanoflagelados.

Para el verano 2010 se reporta la mayores abundancias de nanoflagelados en un rango de temperatura del agua entre 0.7 a 1.45°C y para el verano 2012 en un rango de temperatura del agua entre 1.33 a 1.84; caso contrario Leakey *et al.*, (1996) reportan las mayores abundancias de nanoflagelados en la bahía Prydz (Antartica) a temperaturas del agua entre un rango de -1.4 a -0.4°C; y un caso similar al del verano 2010 es dado por Tenorio *et al.*, (2010) quienes reportan elevadas densidades de nanoflagelados a temperaturas del agua <1 °C. Otros autores también reportan cambios en la dominancia en los grupos de las comunidades planctónicas a mayores temperaturas del agua, con nanoflagelados (5 a 20 µm) reemplazados por diatomeas (microplancton) (Weissenberger, 1998). En este sentido la disminucion de la abundancia de nanoflagelados para los veranos 2008 y 2013 puede estar relacionado al incremento de la abundancia de diatomeas. Las floraciones locales también pueden ser explicadas por otros factores, por ejemplo, cambios en las condiciones físicas como la entrada de hierro que promueve el crecimiento de la producción fitoplanctónica (Martin *et al.*, 1990).

7.1.10 Análisis de las variables bióticas y abióticas

Para la expedición científica ANTAR XX (verano 2012) se evidencia que el aumento de la temperatura involucra un aumento en la abundancia del

fitoplancton, ya que afecta directamente las tasas fisiológicas de estos microorganismos, así mismo la salinidad de las aguas influye en la abundancia fitoplanctónica de manera significativa. Para la expedición científica ANTAR XXI (verano 2013) se evidencia una correlación positiva en la abundancia del fitoplancton con el pH, esto se podría explicar por la actividad fotosintética del fitoplancton del agua de mar a nivel superficial.

Variaciones de los parámetros físicos, como disponibilidad de luz y temperatura pueden ser drásticos en aguas antárticas, teniendo un efecto directo en la composición y diversidad del fitoplancton. Un factor importante que influye en la estructura del fitoplancton es el pastoreo del meso y microzooplancton (Vanucci y Mangoni, 1999). Así mismo, Uribe (1982) indica que las bajas concentraciones de fitoplancton en la parte central del Estrecho de Bransfield no se deben a la escasez de nutrientes, que son abundantes y homogéneamente distribuidos en el área, sino al pastoreo del Krill. En Brandini y Kutner 1986, trabajando con experimentos en laboratorio encontraron que *Euphausia superba* se alimenta principalmente de partículas mayores de 20 micras como diatomeas y ciliados microplanctónicos.

Rodriguez *et al.* (2002) encontraron cambios en la composición fitoplanctónica asociados a diferencias en la estructura del cuerpo de agua entre el mar de Bellingshausen y el Estrecho de Bransfield. El primero producto de una capa fría de fusión de hielo es dominado por micro-fitoplancton particularmente colonias de *Phaeocystis*, mientras que el segundo con una capa superficial más cálida, presenta una comunidad fitoplanctónica dominada por *Cryptomonas* y otros flagelados, el cuerpo central del agua fue dominado por diatomeas.

Comunidades de organismos autótrofos en el hielo marino pueden ser diversas y su composición está controlada en gran parte por las respuestas específicas de las especies a la temperatura, salinidad, luz y nutrientes (Petrou y Ralph, 2011). Los taxa más abundantes de microalgas en el hielo marino, tanto en el Ártico y la Antártida son las diatomeas (Bacillariophyceae), lo que se corrobora con nuestros resultados, las diatomeas fueron dominantes en términos de número de taxa en las Expediciones Científicas: ANTAR XVIII, XIX, XX y XXI en la

ensenada Mackellar, con 47, 37, 33 y 23 especies respectivamente. Cabe mencionar que los estudios de la variación estacional en aguas marinas de la Península Antártica Oeste muestra que la abundancia del picoplancton es significativamente más alta en verano que en invierno (Donachie, 1996; Church *et al.*, 2003) y esto sugiere una correlación positiva entre la densidad total del picoplancton y la temperatura (Doolittle *et al.*, 2008) Así, la alta temperatura del agua registrado durante este estudio puede ayudar a explicar la alta densidad del picoplancton particularmente en las aguas superficiales y durante el verano (Vanzan *et al.*, 2015).

Aunque no son tan numerosos como las diatomeas, flagelados autotróficos también se encuentran en el hielo marino de ambos polos; estos incluyen primnesiofíceas (*Phaeocystis*), dinoflagelados (*Gymnodinium* y *Karenia/Karlodinium*), prasinofitas (*Mantoniella* y *Pyramimonas*), clorofitos (*Monoraphidium* y *Chlamydomonas*), silicoflagelados (*Dictyocha*), crisofitas y criptofitas (Arrigo *et al.*, 2003), comparado con nuestros resultados para el Antar XIX y XX, cuyo grupo dominante en abundancia fue dado por los nanoflagelados.

Los resultados de Mendes *et al.* (2013) en el estrecho de Bransfield indicaron que la dominancia de diatomeas, sobre todo en 2008 y 2009, fue asociada con una capa superior de mezcla más profunda, mayor salinidad y la temperatura superficial del mar más cálida, corroborando así nuestros resultados del ANTAR XVIII (2008) cuya dominancia se debió también a las diatomeas, las cuales estarían asociadas con las temperaturas más altas encontradas a nivel de la superficie, como por ejemplo 2.7, 2.5, y 1.5°C en las estaciones E1, E5 y E11 respectivamente.

Los resultados de Mendes *et al.* (2013) para el verano del 2010, muestran la dominancia de criptofitas, las cuales fueron asociados con una capa superior de mezcla más superficial, menor salinidad y bajas TSM. La alta biomasa de diatomeas observado en el verano de 2010 se asoció con altas concentraciones de nutrientes, particularmente silicato, comparado con nuestros resultados en el Antar XIX (2010), cuyo grupo dominante fueron los Nanoflagelados ND (No Determinados) con un 71% y el Phylum Katablepharidophyta (*Leucocryptos*

marina) con un 15% de la abundancia (%) con respecto al total de fitoplancton, esta alta dominancia se asoció con una temperatura promedio baja de 0.86 °C y salinidad promedio de 33,2 UPS en toda el área de estudio.

Los resultados de la correlación de Spearman corroboran el análisis PCA para los tres Antares, XIX, XX y XXI, en él se atribuye que la variabilidad del fitoplancton podría ser explicada por las variables pH y salinidad. En efecto, la salinidad es una variable de importancia en el ecosistema marino ya que puede influir directamente sobre la riqueza, abundancia y diversidad de organismos, ligeras variaciones en la salinidad de las aguas podrían provocar cambios en la estructura de los ensambles fitoplanctónicos. Del mismo modo, el pH de las aguas es fundamental en el mantenimiento de sus funciones ecosistémicas, así como también en el mantenimiento de funciones vitales de los organismos como la fotosíntesis, la cual se lleva a cabo bajo ciertas condiciones de acidez/alcalinidad.

8. CONCLUSIONES

Se identificaron 68 taxones de diatomeas, 14 taxones de dinoflagelados, 3 taxones de nanoflagelados, 2 silicoflagelados y 1 cocolitoforido. La comunidad fitoplanctónica para el verano austral 2008, 2010, 2012 y 2013 mostró una dominancia de diatomeas en términos del número de taxa.

La abundancia (%) del fitoplancton (promedio de los tres niveles de la columna de agua) para el verano austral 2008 y 2013 estuvo dominada por las diatomeas con 56.65% y 58.55% respectivamente, para el verano austral 2010 y 2012 la abundancia fitoplanctónica (%) se dio por los nanoflagelados con 86.92% y 86.27 respectivamente.

Las especies mas abundantes en la columna de agua para los cuatro veranos australes fueron las diatomeas *Pseudo-nitzschia* grupo *delicatissima*, *Fragilariopsis cylindrus*, *Thalassiosira delicatula*, *Porosira glacialis* y *Thalassiosira antarctica*.

El análisis semicuantitativo para el verano austral 2010, 2012 y 2013 determinó una frecuencia > 90% de las diatomeas: *Corethron pennatum* (= *C. criophilum*), *Porosira glacialis*, *Trichotoxum reinboldii*, *Achnanthes brevipes*, *Fragilariopsis* sp., *Fragilariopsis cilindrus*, *Thalassiosira delicatula* y *Licmophora antarctica* en toda el área de estudio.

El fitoplancton antártico de la ensenada Mackellar para el verano 2008, 2010, 2012 y 2013 evidenció una diversidad baja (< 1.97 bits.cel⁻¹).

En cuanto a la distribución espacial, los cuatro veranos australes se caracterizaron por la homogeneidad entre las estaciones de muestreo, debido a las mareas y los vientos lo cual crea homogeneidad a lo largo de la zona costera poco profunda.

En cuanto a la distribución vertical, los dendogramas de similaridad (> 50%) para los cuatro veranos australes, se caracterizaron por una homogeneidad de la estructura comunitaria (en los tres niveles de la columna de agua) debido los fuertes vientos que inducen una mezcla vertical profunda de aguas superficiales.

Para los veranos australes 2008, 2010, 2012 y 2013 se evidencia con el ordenamiento nMDS de similaridad al 57% una variación temporal de las comunidades fitoplanctónicas dada por la alternancia en la composición de especies de diatomeas y nanoflagelados, así mismo estos cambios temporales marcados también se deben a las diferencias en las abundancias de las especies de fitoplancton.

Se concluye que los factores fisicoquímicos como salinidad, temperatura y pH juegan un papel importante en la estructura de las comunidades fitoplanctónicas, como la disminución de la salinidad en superficie (33.99 UPS-verano 2012), el aumento de temperatura superficial (1.62°C-verano 2012) y aumento de pH (9.80-ANTAR-verano 2013) observado en la Antártida.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annet, A.; Carson, D.; Crosta, X.; Clarke, A.; Ganeshram, R. 2010. Seasonal progression of diatom assemblages in surface waters of Ryder Bay, Antarctica. *Polar Biology*, 33: 13-29
- Antonietti, E. 1989. Microplancton del Estrecho de Bransfield. Verano de 1989 (Perú ANTAR II). Informe Científico de la Segunda Expedición Peruana a la Antártida, IMARPE, Callao, pp. 9-44.
- Arrigo, K.R.; Robinson, D. H.; Worthen, D. L.; Dunbar, R.B.; Di Tullio, G. R.; VanWoert, M.; Lizotte, M. P. 1999. Phytoplankton community structure and the drawdown of nutrients and CO₂ in the Southern Ocean. *Science*, 283:365–367.
- Arrigo, K. R.; Perovich, D. K.; Pickart, R. S.; Brown, Z. W.; van Dijken, G. L.; Lowry, K. E.; Mills, M.M.; Palmer, M. A.; Balch, W. M.; Bahr, F.; Bates, N. R.; Benitez-Nelson, C.; Bowler, B.; Brownlee, E.; Ehn, J. K.; Frey, K. E.; Garley, R.; Laney, S.R.; Lubelczyk, L.; Mathis, K.; Matsuoka, A.; Mitchell, B. G.; Moore, G. W. K.; Ortega-Retuerta, E.; Pal, S.; Polashenski, C. M.; Reynolds, R. A.; Schieber, B.; Sosik, H.M.; Stephens, M.; Swift, J. H. 2012. Massive phytoplankton blooms under Arctic sea ice. *Science*, 336:1408
- Balech, E. 1944. Plancton de Lennox y Cabo de Hornos. *Revista de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales (Physis)*, 19(54): 29-76.
- Balech, E. 1976. Clave ilustrada de dinoflagelados antárticos. Instituto Antártico Argentino y Dirección Nacional del Antártico. Buenos Aires, pp. 1-98.
- Baylón, M.; Becerril, D.; Indacochea, A.; Purca, S. 2019. Variabilidad espacio-temporal del fitoplancton en la ensenada Mackellar, Bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge, durante el verano austral 2012/2013.

- Battke, Z. 1990. Admiralty Bay, King George Island (map 1:50000). Institute of Geodesy and Cartography (Ed.). E. Romer State Cartographical Publishing House, Warsaw.
- Bertolin, M. L.; Schloos, I. R. 2009. Phytoplankton production after the collapse of the Larsen A Ice Shelf, Antarctica. *Polar Biology*, 32(10): 1435-1446.
- Bonicelli, J.; López, D.; Ochoa, N.; Shreeve, R. 2008. Estructura comunitaria del zooplancton asociada con el fitoplancton y las masas de agua del Estrecho de Bransfield y La Isla Elefante durante el verano austral del 2006. *Ecología Aplicada*, 7(1-2): 159-164.
- Borges, M.; Silva de Souza, M.; Tavano, V.; Costa, M.; Brotas, V.; Garcia, C. A. E.. 2012. Dynamics of phytoplankton communities during late summer around the tip of the Antarctic Peninsula. *Deep-Sea Research Part I*, 65: 1–14
- Brandini, F. P. 1993. Phytoplankton biomass in an Antarctic coastal environment during stable water conditions – implications for the iron limitation theory. *Marine Ecology Progress Series*, 93(3): 267-275.
- Brandini, F.; Kutner, M.B. 1986. Composition and Distribution of Summer Phytoplankton in the Bransfield Strait, Antarctica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 58: 3-11
- Brandini, F.P, Rebello, J., 1994. Wind field effect on hydrography and chlorophyll dynamics in the coastal pclagial of Admiralty Bay, King George Island. *Antarctica. Antarctic Science* 6, 433-442
- Catewicz, Z. 1984. Variability of water flow in Ezcurra Inlet. *Oceanologia*, 15: 73-95.
- Church, M. J.; DeLong, E.F.; Ducklow, H. W.; Karner, M. B.; Preston, C. M.; Karl, D. M. 2003. Abundance and distribution of planktonic Archaea and Bacteria in

the waters west of the Antarctic Peninsula. *Limnology and Oceanography*, 48(5): 1893-1902.

Clarke, A.; Meredith, M. P.; Wallace, M. I.; Brandon, M.A.; Thomas, D. N. 2008. Seasonal and interannual variability in temperature, chlorophyll and macronutrients in northern Marguerite Bay, Antarctica. *Deep Sea Research Part II*, 55: 1988–2006

Clarke, K. R.; Warwick, R. M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, pp. 45–100.

Cloern, J.E.; Dufford, R. 2005. Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 285: 11–28

Delgado, E. 1999. Fitoplancton del Estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el verano austral 1998. Resultados del programa de Investigación Antártica del Instituto del Mar del Perú Verano Austral 1998, Perú ANTAR IX, Segunda parte, Crucero BIC Humboldt 9801, Informe IMARPE, 145: 4-22.

Dennett, M.; Mathot, S.; Caron, D. A.; Smith, W. O. Jr.; Lonsdale, D. J. 2001. Abundance and distribution of phototrophic and heterotrophic nano- and microplankton in the southern Ross Sea. *Deep-Sea Research Part II*, 48(19-20): 4019-4037.

Donachie, S. P. 1996. A seasonal study of marine bacteria in Admiralty Bay (Antarctica). En: *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*. National Institute of Polar Research. pp. 111-124.

Doolittle, D. F.; Li, W. K. W.; Wood, A. M. 2008. Wintertime abundance of picoplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Nova Hedwigia*, 133: 147-160

Eilertsen, H.C.; Sandberg, S.; Tellefsen, H. 1995. Photoperiodic control of diatom spore growth: a theory to explain the onset of phytoplankton blooms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 116: 303–307.

- Eppley, R.W. 1972. Temperature and phytoplankton growth in the sea. *Fish. Bull.* 70: 1063– 1085.
- Estrada, M.; Delgado, M. 1989. Summer phytoplankton distributions in the Weddell Sea. *Polar Biology* 10:441–449
- Falkowski, P.G.; Oliver, M. 2007. Mix and match: how climate selects phytoplankton. *Nature* 5: 813–819.
- Ferrario, M. E.; Sar, E. A.; Sala, S. E. 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. In: Alveal K., Ferrario ME., Oliveira EC., Sar EA. (Eds.), *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción, Concepción, pp. 1-23.
- Finkel, Z.V.; Beardall, J.; Flynn, K.J.; Quigg, A.; Rees, T.A.V.; Raven, J.A. 2010. Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry. *J. Plankton Res.* 32: 119–137.
- Frenguelli, J. 1943. Diatomeas de las Orcadas del Sur. *Revista del Museo de la Plata* 5, Botánica, 21: 221-277.
- Frenguelli, J.; Orlando, H. A. 1958. Diatomeas y silicoflagelados del sector antártico sudamericano, Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires. 191 pp.
- Fuentes, V.; Alurralde, G.; Meyer, B.; Aguirre, G. E.; Canepa, A.; Wolfl, A. C.; Hass, H. C.; Williams, G. N.; Schloss, I. R. 2016. Glacial melting: an overlooked threat to Antarctic krill. *Scientific Reports*, 6: 27234.
- García-Muñoz, C.; Lubián, L. M.; García, C. M.; Marrero, A.; Sangrà, P.; Vernet, M. 2013. A mesoscale study of phytoplankton assemblages around the South Shetland Islands (Antarctica). *Polar Biology*, 36: 1107-1123.

- Garibotti, I. A.; Vernet, M.; Ferrario, M. E.; Smith, R. C.; Ross, R. M.; Quetin, L. B. 2003a Phytoplankton spatial distribution patterns along the western Antarctic Peninsula (Southern Ocean). *Marine Ecology Progress Series*, 261: 21–39
- Garibotti, I. A.; Vernet, M.; Kozłowski, W. A.; Ferrario, M. E. 2003b Composition and biomass of phytoplankton assemblages in coastal Antarctic waters: a comparison of chemotaxonomic and microscopic analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 247: 27–42
- Garibotti, I. A.; Vernet, M.; Ferrario, M. E. 2005 Annually recurrent phytoplanktonic assemblages during summer in the seasonal ice zone west of the Antarctic Peninsula (Southern Ocean). *Deep Sea Research Part I*, 52: 1823–1841
- Gast, R. J.; Dennett, M. R.; Caron, D. A. 2004. Characterization of protistan assemblages in the Ross Sea, Antarctica, by denaturing gradient in gel electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 2028-2037
- Gebühr, C.; Wiltshire, K.H.; Aberle, N.; Beusekom, J.E.E.; Gerdts, G. 2009. Influence of nutrients, temperature, light and salinity on the occurrence of *Paralia sulcata* at Helgoland Roads, North Sea. *Aquat. Biol.* 7: 185–197.
- Gili, J.; Orejas, C.; Ros, J.; López, P.; Arntz, W. E. 2000. La vida en los fondos antárticos. *Investigación y Ciencia*, 290: 64-74.
- Gómez, O. 1991. Microplancton del Estrecho de Bransfield durante el verano de 1991. *Informes Científicos de la Tercera Expedición del Perú a la Antártida*, Comisión Nacional de Asuntos Antárticos (CONAAN), Lima. pp. 109-164
- Grange, L.; Smith, C. R. 2013. Megafaunal communities in rapidly warming fjords along the West Antarctic Peninsula: hotspots of abundance and beta diversity. *PloS one*, 8(12): e77917.
- Gutt, J.; Barratt, I.; Domack, E.; d'Acoz, C.; Dimmler, W.; Grémare, A.; Heilmayer, O.; Isla, E.; Janussen, D.; Jorgensen, E.; Kock, K. H.; Lehnert, L. S.; López-

- González, P.; Langner, S.; Linse, K.; Manjón-Cabeza, M. E.; Meißner, M.; Montiel, A.; Raes, M.; Robert, H.; Rose, A.; Schnepisi, E. S.; Saucède, T.; Scheidat, M.; Schenke, H. W.; Seiler, J.; Smith, C. 2011. Biodiversity change after climate-induced ice-shelf collapse in the Antarctic. *Deep sea research Part II*, 58 (1-2): 74-83.
- Haberman, K.L., R.M. Ross, Quetin, L.B. 1993. Palmer LIER: Grazing by the antarctic krill *Euphausia superba* on *Nitzschia* sp. and *Phaeocystis* sp. monocultures. *Antarctic Journal of the U.S.*, 28(5), 217-219.
- Harbison, G.R., McAllister, Y.L. 1979. The filter-feeding rates and panicle retention efficiencies of the three species of *Cyclosalpa* (Tunicata, Thaliaceae). *Limnology and Oceanography*. 24(5), 875-892.
- Hasle, G. R. 1969. An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern Ocean: abundance, composition and distribution during the Bratigg expedition 1947/8. *Hvalradetes Skrifter*, 52: 1-168.
- Hasle, G. R.; Syvertsen, E. E. 1997. Marine diatoms. In: Tomas CR (ed). *Identifying marine phytoplankton*, Academic Press, San Diego. pp. 5-385
- Hayes, P. K.; Whitaker, T. M.; Foog, G. E. 1984. The distribution and nutrient status of phytoplankton in the Southern Ocean between 20° and 70° W. *Polar Biology*, 3:153-165.
- Huertas, E.; Rouco, M.; López-Rodas, V. Costas, E. 2011. Warming will affect phytoplankton differently: evidence through a mechanistic approach. *Proc. R. Soc. B*. 278: 3534–3543
- Jacques, G; Minas, M. 1981. Production primaire dans le secteur indien de l'océan Antarctique en fin d'été. *Oceanologica Acta*, 4(1): 33-41.

- Kang, S.-H.; Lee, S. H. 1995. Antarctic phytoplankton assemblage in the western Bransfield Strait region, February, 1993: composition, biomass, and mesoscale distributions. *Marine Ecology Progress Series*, 129: 253-267.
- Kopczyńska, E. E. 1980. Small scale vertical distribution of phytoplankton in Ezcurra Inlet, Admiralty Bay, South Shetland Islands. *Polish Polar Research*, 1: 77-96.
- Kopczyńska, E. E. 1981. Periodicity and composition of summer phytoplankton in Ezcurra Inlet, Admiralty Bay, South Shetland Islands. *Polish Polar Research*, 2(3-4): 55-70.
- Kopczyńska, E. E. 1992. Dominance of microflagellates over diatoms in the Antarctic areas of deep vertical mixing and krill concentrations. *Journal of Plankton Research*, 14: 1031-1054.
- Kopczyńska, E. E. 1996. Annual study of the phytoplankton in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Polish Polar Research*, 17(1-2): 151-164
- Kopczyńska, E. E. 2008. Phytoplankton variability in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands: six years of monitoring. *Polish Polar Research*, 29(2): 117-139.
- Krebs, W.N. 1983. Ecology of neritic marine diatoms, Arthur Harbor, Antarctica. *Micropaleontology* 29: 267–297.
- Kruskal, J. 1964. Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method. *Psychometrika* 2: 115-129.
- Leakey, RJG.; SD, Archer.; Grey, J. 1996. Microbial dynamics in coastal waters of East Antarctica: bacterial production and nanoflagellate bacterivory. *Mar Ecol Prog Ser* 142:3–17.

- Litchman, E.; Klausmeier, C.A.; Schofield, O.M.; Falkowski, P.G. 2007. The role of functional traits and trade-offs in structuring phytoplankton communities: scaling from cellular to ecosystem level. *Ecol. Lett.* 10: 1170–1181.
- McQuoid, M. 2005. Influence of salinity on seasonal germination of resting stages and composition of microplankton on the Swedish west coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 289: 151–163.
- Madejski, P.; Rakusa-Suszczewski, S. 1990. Icebers as tracers of water movement in the Bransfield Strait. *Antarctic Science*, 2(3): 259-263.
- Magurran, A.E. 2001. Ecological diversity and its measurement. 41-42 pp.
- Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in natural phytoplankton. En: Buzzati-Traverso, A. A. (ed), *Perspectives in marine biology*, University of California Press, Berkeley. pp. 232-329.
- Martin, J.H.; Gordon, R.M.; Fitzwater, S.E. 1990. Iron in Antarctic waters. *Nature* 345:156–158
- Medlin, L.K.; Priddle, J. 1990. Polar marine diatoms. British Antarctic Survey, Natural Environmental Council, Cambridge. pp. 214.
- Mendes, C.R. B.; Garcia, V. M. T.; Leal, M. C.; de Souza, M. S.; Brotas, V.; Garcia, C. A. E. 2013. Shifts in the dominance between diatoms and cryptophytes during three late summers in the Bransfield Strait (Antarctic Peninsula). *Polar Biology*, 36(4): 537-547.
- Mendiola, B.; Gomez, O.; Ochoa, N. 1985. Efectos del Fenómeno “El Niño” sobre el fitoplancton. En: Arntz W., Landa A., Tarazona J. (Eds.) “El Niño” y su impacto en la Fauna Marina. *Boletín IMARPE* vol. extraordinario: 33-40.
- Ochoa, N.; Pinto, G.; Llellish, M.; Gomez, O. 2002. Fitoplancton y variables físico-químicas de la Ensenada Mackellar, Isla Rey Jorge, Antártida, durante el verano austral 2001. XI Reunión Científica del ICBAR. Universidad Nacional

Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas, Instituto de Investigación Antonio Raimondi.

Ochoa, N.; Gómez, O.; Baylón, M. 2007. Fitoplancton del Estrecho de Bransfield e Isla Elefante, durante el verano austral 2006. Inf. Final COPEPOD I. Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ochoa, N.; Gómez, O.; Baylon, M. 2016. Fitoplancton del estrecho de Bransfield e isla Elefante durante el verano austral 2006. Boletín IMARPE, 31(1): 58-63.

Piquet, A. M-T.; Bolhuis, P.; Davison, A. T.; Thomson, P. G.; Buma, A. G. J. 2008. Diversity and dynamics of Antarctic marine microbial eukaryotes under manipulated environmental UV radiation. FEMS Microbiology Ecology, 66: 352-36.

Peters, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, Cambridge.

Petrou, K.; Ralph, P. J. 2011. Photosynthesis and net primary productivity in three Antarctic diatoms: posible significance for their distribution in the Antarctic marine ecosystem. Marine Ecology Progress Series, 437: 27–40.

Priddle, J.; Fryxell, G. 1985. Handbook of the common plankton diatoms of the Southern Ocean: Centrales except the genus *Thalassiosira*. British Antarctic Survey, Natural Environmental Council, Cambridge. pp. 159.

Pruszek, Z. 1980. Currents in the waters of Admiralty Bay (region of Arctowski Station on King George Islands). Polish Polar Research, 1: 55-74

Rakusa-Suszczewski, S. 1980. Environmental conditions and the functioning of Admiralty Bay (South Shetland Islands) as part of the near-shore Antarctic ecosystem. Polish Polar Research, 1: 11-27.

- Rakusa-Suszczewski, S. 1993. Hydrography and hydrochemistry. En: Rakusa-Suszczewski S (ed), The maritime antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay, pp. 32-34. Polish Academy of Sciences, Warsaw.
- Rakusa-Suszczewski, S. 1996. Spatial and seasonal variability of temperature and salinity in the Bransfield Strait and Admiralty Bay, Antarctica. Polish Polar Research, 17: 29-42.
- Rakusa-Suszczewski, S.; Kidawa, A. 1997. Variability of the South Shetland Islands Geoeco- system. Geographia Polonica, 70: 65-72.
- Robakiewicz, M.; Rakusa-Suszczewski, S. 1999. Application of 3D circulation model to Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. Polish Polar Research, 20: 43-58.
- Rodríguez, J.; Jiménez-Gómez, F.; Blanco, J. M.; Figueroa, F. L. 2002. Physical gradients and spatial variability of the size structure and composition of phytoplankton in the Gerlache Strait (Antarctica). Deep Sea Research Part II, 49: 693-706.
- Round, F. E.; Crawford, R. M.; Mann, D. G. 1990. The diatoms: Biology & morphology of the genera. University press of Cambridge, Cambridge. pp. 747
- Sahade, R.; Lager, C.; Torre, L.; Momo, P.; Monien, P.; Schloss, I.; Barnes, D. K. A.; Servetto, N.; Tarantelli, S.; Zamboni, N.; Abele, D. 2015. Climate change and glacier retreat drive shifts in an Antarctic benthic ecosystem. Science Advances, 1(10): e1500050.
- Sánchez, S.; Villanueva, P. 2001. Composición del fitoplancton en el estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el verano austral de 1999. Revista Peruana de Biología, 8(1): 23-37.

- Sánchez, S.; Villanueva, P.; Delgado, E. 2013. Patrón de la Distribución Espacial del Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield durante el Verano Austral 2013 Perú-Antar XXI. Informe Final Investigaciones Científicas del IMARPE en el Estrecho de Bransfield, Bahía Almirantazgo y Ensenada Mackellar. 2013.
- Sañé, E.; Isla, E.; Grémare, A.; Gutt, J.; Vétion, G.; DeMaster, D. 2011. Pigments in sediments beneath a recently collapsed ice shelves: the case of Larsen A and B shelves, Antarctic Peninsula. *Journal of Sea Research*, 65(1): 94-102.
- Sañé, E.; Isla, E.; Bárcena, M. A.; DeMaster, D. 2013. A shift in the biogenic silica of sediment in the Larsen B continental shelf, off the eastern Antarctic Peninsula, resulting from climate change. *PloS one*, 8(1): e52632.
- Sayed, Z. 2005. History and evolution of primary productivity studies of the Southern Ocean. *Polar Biology*, 28: 423-438.
- Secretaría del Tratado Antártico. 1996. Plan de gestión de la Zona Antártica Especialmente Administrada N° 1. Bahía del Almirantazgo (Bahía Lasserre), Isla Rey Jorge (Isla 25 de mayo). Partes Consultivas del Tratado Antártico en la XX RCTA. Buenos Aires, Argentina, pp. 177-209. <www.ats.aq/documents/recatt/Att338_s.pdf>.
- Shannon, C. E.; Weaver, W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, University of Illinois Press, pp.159.
- Shikata, T. S.; Nagasoe, T.; Matsubara et al. 2008. Factors influencing the initiation of blooms of the raphidophyte *Heterosigma akashiwo* and the diatom *Skeletonema costatum* in a port in Japan. *Limnol. Oceanogr.* 53: 2503–2518
- Siebur, T. H.; Smetacek, V.; Lenz, J. 1978. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23: 1256-1263.

Smetacek, V.; Nicol, S. 2005. Polar ocean ecosystems in a changing world. *Nature* 437(7057): 362-368.

IBM SPSS Statistics Base (<https://www.ibm.com/products/spss-statistics>)

Sournia, A.; Grall, J. R.; Jacques, G. 1979. Plankton diatoms and dinoflagellates along a meridian transect in the Southern Indian Ocean (campagne "Antiprod I" du Marion-dufresne, mars 1977). *Marine Botany*, 22: 183-198.

Steidinger, K. A.; Tangen, K. 1997. Dinoflagellates. En: Tomas, C. R. (ed). *Identifying Marine Phytoplankton*, pp. 387-582. Academic Press, San Diego.

Steyart, J. 1973. Distribution of plankton diatoms along an African-Antarctic transect. *Investigaciones Pesqueras*, 37: 295-328.

Szafranski, J.; Lipski, M. 1982. Characteristics of water temperature and salinity in Admiralty Bay (King George Island) during austral summer 1978-1979. *Polish Polar Research*, 3(1-2): 7-24.

Tenório, M.M.B.; Duarte, R.B.; Barrera-Alba, J.J.; Tenenbaum, D.R. 2010. Plankton Structure in a shallow coastal zone at Admiralty Bay, King George Island, West Antarctic Peninsula (WAP): chlorophyll biomass and size-fractionated chlorophyll during austral summer 2009/2010. *INCT-APA Annual Activity Report*.

Tenorio, M. M. B.; Barrera-Alba, J. J.; Rivera, D. 2012. Plankton structure of the shallow coastal zone at Admiralty bay, King George Island, West Antarctic Peninsula (WAP): chlorophyll biomass and size-fractionated chlorophyll during Austral summer 2010/2011. *Annual Activity Report*, 109-114.

Torres, G.; Palacios, C.; Calderón, T.; Recalde, S. 2006. Interacción del fitoplancton y zooplancton y sus condiciones oceanográficas durante el verano austral 2004 (Isla Greenwich-Antártica). *Revista Tecnológica-ESPOL*, 19(1): 153-160.

- Turner, J.; Colwell, S. R.; Marshall, G. J.; Lachlan-Cope, T. A.; Carleton, A. M.; Jones, P. D.; Lagun, V.; Reid, P. A.; lagovkina, S. 2005. Antarctic climate change during the last 50 years. *International Journal of Climatology*, 25(3): 279–294.
- Uribe, E. 1982. Influence of the phytoplankton and primary production of the Antarctic waters in relationship with the distribution and behaviour of krill. *INACH, Scientific Series*, 28: 147-163.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Mitteilungen*, 9(1): 1-38.
- Vanucci, S.; Mangoni, O. 1999. Pico and Nanophytoplankton Assemblages in a Sub Antarctic Ecosystem: The Strait of Magellan. *Botánica Marina*, 42(6): 563-572.
- Vanzan, M.; Barrera-Alba, J. J.; Barboza, M. M.; Rivera, D. 2015. Picoplankton and nanoplankton variability in an Antarctic shallow coastal zone (Admiralty Bay) during the austral summer of 2010/2011. *Polar Biology*, 38(8): 1267-1284.
- Wasilowska, A.; Kopczynska, E. E.; Rzepecki, M. 2015. Temporal and spatial variation of phytoplankton in Admiralty Bay, South Shetlands: the dynamics of summer blooms shown by pigment and light microscopy analysis. *Polar Biology*, 38(8): 1267-1284.
- Weber, L. H.; El-Sayed, S. Z. 1987. Contributions of the net, nano- and picoplankton to the phytoplankton standing crop and primary productivity in the Southern Ocean. *Journal of Plankton Research*, 9(5): 973-994.
- Weissenberger, J. 1998. Arctic Sea ice biota: design and evaluation of a mesocosm experiment. *Polar Biol* 19:151–159

Vernet, M., B.G. Mitchell, and O. Holm-Hansen. 1994. The response of antarctic phytoplankton to ultraviolet radiation: Absorption, photosynthesis, and taxonomic composition. In P. Penhale and S. Weiler (Eds.), *Ultraviolet radiation in Antarctica: Measurements and biological effects* (Antarctic Research Series, Vol. 62). Washington, D.C.: American Geophysical Union.

10.ANEXOS

Anexo 1. Variables fisicoquímicas durante la expedición científica ANTAR XIX (verano 2010), en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Transecto	Estaciones	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	O2 (mL/L)	pH
1	1	0	1,01	33.08	10.74	8.72
		15	1,25	33.47	10.86	8.12
		30	0.94	33.07	10.81	8.82
	2	0	0.7	33.36	10.77	7.81
		15	1.11	34.13	10.74	7.88
		30	0.8	34.04	10.5	7.93
	3	0	1.13	32.96	11.17	7.92
		15	1.08	33.99	16.7	7.79
		30	1.15	33.74	10.3	8.44
	4	0	0.98	32.35	9.87	7.57
		15	1.45	33.76	10.23	7.34
		30	no se registro			
2	5	0	1.13	32.87	10.5	8.82
		15	1.27	32.15	11.13	8.37
		30	1.18	33.51	10.82	8.22
	6	0	0.72	33.35	9.81	7.61
		15	1.05	33.63	9.5	7.64
		30	1.44	33.31	9.94	7.7
	7	0	0.59	33.39	10.01	7.95
		15	0.84	33.53	9.72	9.1
		30	0.81	33.55	9.54	10.55
	8	0	0.31	33.28	9.67	8.35
		15	1.04	33.6	9.6	8.65
		35	0.9	33.12	10	7.62
3	9	0	1.14	33.73	10.09	8.4
		15	1.32	33.62	9.76	7.98
	10	0	1.01	33.38	9.91	8.77
		15	1.2	33.6	9.39	8.23
		30	1.37	33.64	9.74	7.87
	11	0	0.72	33.4	10	8.02
		15	0.88	33.58	9.9	8

Anexo 2. Variables fisicoquímicas durante la expedición científica ANTAR XX (verano 2012), en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Transecto	Estaciones	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	O₂ (mL/L)	pH
1	1	0	1.64	33.84	9.15	8.38
		10	1.56	34.52	7.71	8.38
		20	1.51	34.44	10.28	9.39
	2	0	1.67	34.17	7.67	8.55
		10	1.38	34.30	7.77	8.18
		20	1.35	34.51	7.73	8.14
	3	0	1.50	34.21	9.80	7.92
		10	1.47	34.67	9.65	8.04
		20	1.49	34.71	9.55	7.84
	4	0	1.41	33.87	9.32	9.49
		10	1.39	34.02	8.94	9.42
		20	1.33	34.36	8.95	8.79
2	5	0	1.68	33.62	7.52	7.88
		10	1.58	34.53	7.42	7.89
		20	No se registró.			
	6	0	1.44	34.47	9.53	8.15
		10	1.51	34.60	9.77	8.39
		20	1.54	34.48	9.81	8.66
	7	0	1.59	34.21	8.27	8.20
		10	1.49	34.50	8.06	8.45
		20	1.52	34.42	8.77	8.41
	8	0	1.64	32.82	8.62	9.39
		10	1.41	34.05	8.72	8.88
		20	1.36	34.46	8.42	7.87
3	9	0	1.76	34.42	7.83	8.52
		10	1.51	34.70	7.37	8.65
		20	No se registró.			
	10	0	1.84	33.98	8.15	8.41
		10	1.51	34.31	7.53	8.55
		20	1.50	34.60	7.70	8.91

Anexo 3. Variables fisicoquímicas durante la expedición científica ANTAR XXI (verano 2013), en la ensenada MacKellar- Bahía del Almirantazgo/ Isla Rey Jorge.

Transecto	Estaciones	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	O ₂ mg/L	pH
1	1	0	1.16	33.966	12.70	9.24
		10	0.72	34.002	11.30	9.17
		20	0.77	34.029	11.69	9.20
	2	0	0.69	33.77	12.42	9.88
		10	1.03	33.873	10.45	9.69
		15	1.09	34.07	9.50	9.68
	3	0	1.20	33.634	12.69	10.01
		10	1.12	33.941	10.55	9.88
		20	1.13	34.027	10.13	9.80
	4	0	1.22	33.601	10.91	9.91
		10	1.02	33.892	10.01	9.89
		20	0.88	33.944	10.82	9.89
2	5	0	1.06	33.808	10.24	9.73
		10	1.04	34.005	9.99	9.71
		20	1.16	34.057	10.15	9.75
	6	0	0.73	33.497	10.60	9.49
		10	1.14	34.016	9.52	9.71
		20	1.08	34.078	9.04	9.78
	7	0	1.51	33.46	10.75	10.00
		10	1.03	33.933	10.30	10.00
		20	0.97	34.053	10.91	9.95
	8	0	1.26	33.547	10.72	9.92
		10	0.89	33.825	10.65	9.92
		20	0.90	34.017	10.46	9.93
3	9	0	1.40	34.039	10.24	9.88
		10	1.11	33.944	10.76	9.89
		20	1.03		10.49	9.86
	10	0	0.90	33.808	10.49	9.89
		10	1.07	33.996	10.55	9.88
		20	1.11	34.048	10.77	9.89
	11	0	1.44	33.463	10.32	9.88
		10	0.90	33.888	10.72	9.88
		20	0.89	34.085	10.66	9.89

Anexo 4. Lista de especies de diatomeas y dinoflagelados con su escala relativa de abundancia en la Ensenada Mackellar durante el del crucero ANTAR XIX-verano austral 2010 (muestras de red).

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS												
1	<i>Achnanthes</i> sp.	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1
2	<i>Actinocyclus octonarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
4	<i>Asteromphalus heptactis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
6	Centrales	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
7	<i>Chaetoceros criophylum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
8	<i>Chaetoceros neglectus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	<i>Chaetoceros gelidus</i> (= <i>C. socialis</i>)	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0
10	<i>Climacosphenia moniligera</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
11	<i>Cocconeis</i> sp.	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
12	<i>Corethron crioplylum</i>	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
13	<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
14	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Coscinodiscus bouvet</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1
16	<i>Coscinodiscus perforatus</i>	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
17	<i>Coscinodiscus</i> sp.	2	0	0	0	1	1	2	1	2	2	2
18	<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	<i>Eucampia antarctica</i>	1	1	0	1	0	0	2	2	1	1	1
21	<i>Fragillariopsis kerguelensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	<i>Fragillariopsis</i> sp.	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
23	<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
24	<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25	<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
26	<i>Licmophora antarctica</i>	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
27	<i>Licmophora gracilis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
28	<i>Licmophora</i> sp.	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
29	<i>Melosira sol</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
30	<i>Navicula</i> sp.1	0	1	3	1	0	1	1	1	1	1	0
31	<i>Navicula</i> sp.2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
32	<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
33	<i>Nitzschia</i> cf. <i>reversa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
34	<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
35	<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
36	<i>Odontella aurita</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
37	<i>Odontella rombus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
38	<i>Odontella weisflogii</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
39	Pennales	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
40	<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
41	<i>Proboscia inermis</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>lineola</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

43	<i>Rhizosolenia antennata f. semispina</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
44	<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i>	0	1	1	1	1	1	1	0	2	0
45	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
46	<i>Thalassiosira antarctica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	<i>Thalassiosira gravida</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
48	<i>Thalassiosira sp.</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
49	<i>Triceratium affine</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
50	<i>Thichotoxon reinboldii</i>	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
DINOFLAGELADOS											
1	<i>Protoperidinium antarcticum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Anexo 5. Lista de especies de diatomeas y dinoflagelados con su escala relativa de abundancia en la ensenada Mackellar durante el del crucero ANTAR XX -verano austral 2012. (Muestras de red).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
1 <i>Achnanthes brevipes</i>	1	1	0	3	0	0	1	1	0	0	1
2 <i>Actinocyclus actinochilus</i>	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
3 <i>Amphiprora sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4 <i>Asteromphalus hookeyi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5 <i>Chaetoceros criophilum</i>	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
6 <i>Chaetoceros sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 <i>Cocconeis sp.</i>	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
8 <i>Corethron pennatum (=C.criophilum)</i>	4	2	2	4	1	2	3	3	4	3	4
9 <i>Coscinodiscus sp.</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
10 <i>Coscinodiscus perforatus</i>	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
11 <i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0
12 <i>Gomphonema margaritae</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13 <i>Gyrosigma sp.</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
14 <i>Haslea trompii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 <i>Licmophora antarctica</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
16 <i>Navicula sp.</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
17 <i>Nitzschia sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 <i>Odontella sp.</i>	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
19 <i>Paralia sulcata</i>	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
20 <i>Porosira glacialis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21 <i>Pseudonitzschia sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 <i>Rhabdonema sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
23 <i>Rhizosolenia truncata</i>	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
24 <i>Rhizosolenia sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
25 <i>Triceratium arcticum</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
26 <i>Trichotoxon reinboldii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27 <i>Thalassiosira antarctica</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
28 <i>Thalassiosira sp.</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
DINOFLAGELADOS											
1 <i>Diplopeltopsis sp</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2 <i>Gyrodinium lachryma</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 <i>Protoperidinium antarcticum</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Anexo 6. Lista de especies de diatomeas y dinoflagelados con su escala relativa de abundancia en la ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XXI-verano austral 2013 (muestras de red).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
1 <i>Achnanthes brevipes</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2 <i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
3 <i>Amphora</i> sp.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
4 <i>Cocconeis</i> sp	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
5 <i>Corethron criophilum</i>	1	2	1	0	2	1	1	1	1	1	1
6 <i>Cylindrotheca closterium</i>	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
7 <i>Eucampia antarctica</i>	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
8 <i>Fragilariopsis cylindrus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9 <i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10 <i>Gomphonema margaritae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
11 <i>Gyrosigma fasciola</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
12 <i>Gyrosigma</i> sp	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
13 <i>Haslea trompii</i>	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
14 <i>Licmophora antarctica</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15 <i>Licmophora</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 <i>Melosira sol</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
17 <i>Navicula</i> sp.	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
18 <i>Odontella litigiosa</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
19 <i>Odontella weissflogii</i> (espora)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
20 <i>Pleurosigma</i> sp.	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
21 <i>Porosira glacialis</i>	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2
22 <i>Pseudonitzschia grupo seriata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
23 <i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
24 <i>Rhizosolenia truncata</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
25 <i>Thalassiosira antarctica</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
26 <i>Thalassiosira delicatula</i>	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4
27 <i>Trachyneis</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
28 <i>Trichotoxum reinboldii</i>	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
29 <i>Pennales</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DINOFLAGELADOS											
1 <i>Diplopeltopsis</i> sp	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2 <i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
3 <i>Gyrodinium lachryma</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
4 <i>Protoperidinium archiovatum</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0

ANEXO 7. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XVIII, verano 2008. N° cel/L (fondo).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Achnanthes brevipes</i>	20	80	40	60	60	0	0	0	0	0	0
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	40	60	0	20	0	20	80	120	20	60
<i>Amphora</i> sp.	40	80	40	60	20	0	0	0	40	20	20
<i>Amphiprora</i> sp.	0	40	0	0	20	0	0	20	0	0	0
<i>Chaetoceros criophilum</i>	0	0	0	240	0	120	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros gelidus</i> (= <i>C. socialis</i>)	540	500	0	0	2000	0	0	0	320	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	20	40	0	60	40	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron pennatum</i> (= <i>C. criophilum</i>)	0	0	0	0	0	20	240	140	0	0	0
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	20	20	20	100	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	80
<i>Eucampia antarctica</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	40	40	20
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	500	480	400	2040	6000	100	180	720	20	120	100
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	100	0	60	80	240	20	80	200	260	200	60
<i>Fragilariopsis</i> sp.	4500	7000	7000	12000	4500	3000	10500	3500	14500	2000	15000
<i>Gomphonema margaritae</i>	240	740	340	460	980	80	80	40	200	280	19240
<i>Grammatophora angulosa</i>	0	0	0	20	0	20	0	0	0	0	40
<i>Grammatophora marina</i>	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	40	480	440	1620	100	120	300	140	20	0	0
<i>Haslea trompii</i>	20	20	140	80	140	100	20	40	80	60	120
<i>Licmophora antarctica</i>	0	460	180	700	120	20	0	80	640	220	40
<i>Manguinea</i> sp.	0	40	100	0	60	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula directa</i>	80	140	280	100	0	40	20	0	20	0	0
<i>Navicula transitans</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	80	0	60	40	40	0	20
<i>Nitzschia longissima</i>	100	0	20	140	0	0	0	100	20	0	0
<i>Odontella litigiosa</i>	0	20	0	180	100	0	0	0	0	0	0
<i>Odontella weissflogii</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0

<i>Pleurosigma sp.</i>	0	60	20	40	0	0	0	20	0	0	0
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	680	400	1040	48180	47020	17500	31780	41100	10000	4500	18580
<i>Pseudonitzschia grupo seriata</i>	0	0	80	0	0	40	9000	6500	33000	380	6000
<i>Pseudonitzschia sp.</i>	40	220	220	0	20	0	280	6500	0	1000	4500
<i>Rhizosolenia truncata</i>	80	0	120	340	500	40	140	120	300	260	40
<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	0	0	0	200	20	0	0	0	100	0
<i>Thalassiosira antarctica</i>	0	80	2500	1000	4000	4000	9500	6500	12500	3000	7000
<i>Thalassiosira delicatula</i>	460	440	880	440	600	440	760	680	4380	460	680
<i>Thalassiosira sp.</i>	3000	20	360	100	120	0	0	80	260	20	280
<i>Trichotoxum reinboldii</i>	20	0	0	0	0	0	0	20	40	20	20
DINOFLAGELADOS											
<i>Amphidinium hadai</i>	0	0	0	40	0	0	0	20	40	0	0
<i>Diplopeltopsis sp</i>	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	0	40	1500	2500	0	2000	2000	1500	1000	60
<i>Gyrodinium lachryma</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium sp.</i>	80	20	60	0	120	20	20	40	60	40	0
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	3000	3000	7500	2000	10500	0	5000	5500	12500	3500	13000
<i>Prorocentrum antarcticum</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium aplanatum</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium defectum</i>	40	20	180	0	40	20	0	180	0	40	340
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	500	0	4500	6000	18000	1500	25500	14500	23000	500	18500
<i>Microflagelado sp.</i>	0	0	11500	23000	18000	7500	22500	15000	9500	2000	5500
<i>Tetraselmis sp.</i>	0	0	2000	4500	3500	500	19000	11000	7500	0	3000

ANEXO 8. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XVIII, verano 2008. N° cel/L (media).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	40	0	20	0	60	40	100	60	80	40
<i>Actinocyclus sp.</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes brevipes</i>	20	40	20	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Actinopterychus senarius</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora sp.</i>	0	20	20	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Amphiprora sp.</i>	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Banquisia sp.</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros criophilum</i>	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0
<i>Chaetoceros neglectum</i>	0	0	0	0	0	1380	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros gelidus (=C. socialis)</i>	0	120	0	0	0	0	240	0	480	0	1340
<i>Cocconeis sp.</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron pennatum (=C. criophilum)</i>	0	20	0	100	0	200	0	120	0	0	20
<i>Coscinodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0	0	20	0	0	20	80	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	500	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Dactyliosolen sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Eucampia antarctica</i>	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	40
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	1140	160	6500	1320	240	140	160	5000	140	140	240
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	20	80	80	160	60	40	60	200	160	200	100
<i>Fragilariopsis sp.</i>	0	5000	3000	8500	0	8000	3000	3000	15000	6500	22000
<i>Gomphonema margaritae</i>	340	440	440	340	180	180	240	120	260	1120	140
<i>Grammatophora angulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	60	0	20	0
<i>Grammatophora marina</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Grammatophora sp.</i>	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	0	0	20	40	0	0	0
<i>Gyrosigma sp.</i>	60	20	240	340	20	260	120	180	20	0	40
<i>Haslea trompii</i>	0	120	0	40	0	60	20	0	280	100	280
<i>Licmophora antarctica</i>	180	80	200	240	20	40	140	400	980	260	180
<i>Manguinea sp.</i>	0	0	40	20	0	60	0	0	20	0	0
<i>Navicula directa</i>	0	160	40	80	0	20	40	20	0	100	40
<i>Navicula transiens</i>	0	20	0	20	0	60	40	0	0	0	0
<i>Navicula sp.</i>	0	0	0	0	20	40	80	100	160	20	140

<i>Nitzschia longissima</i>	40	20	0	40	0	20	40	20	0	20	0
<i>Odontella litigiosa</i>	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	20
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	220	1740	1500	45080	3720	1680	40080	31180	22980	2040	17000
<i>Pseudonitzschia grupo seriata</i>	0	200	0	0	240	3500	3000	4000	14000	4500	12500
<i>Pseudonitzschia sp.</i>	0	200	0	4000	0	0	10000	60	2520	500	2500
<i>Rhizosolenia chunii</i>	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia truncata</i>	0	220	100	140	40	380	360	180	40	20	60
<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0
<i>Thalassiosira antarctica</i>	60	8500	7000	9000	5500	8000	9500	6000	13000	5000	3000
<i>Thalassiosira delicatula</i>	160	1060	820	580	860	960	1040	260	5080	620	1460
<i>Thalassiosira sp.</i>	60	40	180	120	0	400	40	0	180	40	0
<i>Trichotoxum reinboldii</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0
DINOFLAGELADOS											
<i>Amphidinium hadai</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	0	0	0	40	2000	1000	500	2000	500	1000
<i>Gyrodinium sp.</i>	0	60	0	0	40	20	0	20	80	0	60
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	1000	11500	10000	6500	4500	5500	2500	5000	21500	11500	17500
<i>Prorocentrum antarcticum</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium aplanatum</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium archiovatum</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium defectum</i>	0	140	40	20	340	20	0	60	120	180	320
<i>Protoperidinium sp.</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	0	3500	500	5500	1000	28000	40500	10500	14500	2000	18000
<i>Microflagelado sp.</i>	0	1500	1000	8000	4000	22500	15000	10000	14500	1000	1500
<i>Tetraselmis sp.</i>	0	2000	1000	3500	1000	22500	13000	1000	4500	1000	4000

ANEXO 9. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XVIII, verano 2008. N° cel/L (superficie).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	80	20	0
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes brevipes</i>	20	60	1240	80	920	0	60	0	0	0	0
<i>Actinopterychus senarius</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	40	0	20	60	0	0	0	0	0	20	0
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	20	0	0	0	40	20	0	0
<i>Chaetoceros gelidus</i> (=C. socialis)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	0	20	0	0	60	20	20	0	0	0	0
<i>Corethron pennatum</i> (=C. criophilum)	0	80	0	40	20	40	80	0	0	0	100
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	140	60	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Dactyliosolen</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
<i>Eucampia antarctica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	620	1200	1080	4160	260	480	300	80500	20	40	120
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	160	80	60	80	80	80	140	380	120	0	80
<i>Fragilariopsis</i> sp.	80	20	10000	9000	40	7500	2500	8500	6500	9000	7000
<i>Gomphonema margaritae</i>	40	340	660	760	320	140	600	60	300	280	900
<i>Grammatophora angulosa</i>	20	20	40	0	0	0	40	60	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	20	80	160	40	0	20	40	40	40	0	40
<i>Haslea trompii</i>	20	20	20	0	80	60	180	0	80	0	40
<i>Licmophora antarctica</i>	360	0	60	220	180	100	120	22500	60	80	340
<i>Manguinea</i> sp.	0	0	60	20	0	0	60	60	0	0	0
<i>Navicula directa</i>	0	0	80	80	20	20	20	4000	0	60	0
<i>Navicula transitans</i>	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	180	0	0	0	60	80	20	5500	40	20	60
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	40	0	0	20	0	0	0	20
<i>Odontella litigiosa</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Pleurosigma</i> sp.	0	20	40	60	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	12500	20080	8940	34000	15660	25100	27600	21000	14080	2980	2920
<i>Pseudonitzschia grupo seriata</i>	0	0	0	0	600	160	0	5500	14500	260	3160
<i>Rhizosolenia truncata</i>	180	60	60	60	80	0	360	140	280	120	40
<i>Thalassiosira antarctica</i>	5000	100	2000	1500	5000	3500	6000	2500	13500	9500	8500
<i>Thalassiosira delicatula</i>	440	0	180	0	340	20	260	60	2320	1500	1320
<i>Thalassiosira</i> sp.	80	0	0	20	40	0	0	140	80	0	0
<i>Trichotoxum reinboldii</i>	20	0	0	0	20	0	20	0	20	0	0
DINOFLAGELADOS											
<i>Amphidinium hadai</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	1000	5160	0	1000	500	500
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	20	0	0	20	20	0	0	120	80	40
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	0	1500	1500	0	6500	1000	9000	5000	11500	12500	10000
<i>Prorocentrum antarcticum</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Protoperidinium archiovatum</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium defectum</i>	0	0	0	40	100	0	20	0	100	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	0	0	4500	1500	1000	3000	62500	4000	20500	5500	54500
<i>Microflagelado</i> sp.	4000	0	6000	4000	5000	8000	16000	8000	17500	5500	13500
<i>Tetraselmis</i> sp.	0	0	0	0	0	1000	16000	3000	4500	500	2500

ANEXO 10. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XIX, verano 2010. N° cel/L (30m).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10
DIATOMEAS									
<i>Achnanthes brevipes</i>	40	0	60	0	0	0	0	0	20
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	20	0	0	0	20	0	0	0
<i>Amphiprora</i> sp.	0	40	40	20	0	0	0	20	0
<i>Amphora</i> sp.	20	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros gelidus</i> (= <i>C. socialis</i>)	0	2120	160	1760	0	240	0	1360	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	120	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	0	40	60	0	0	80	40	60	40
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Eucampia Antarctica</i>	80	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	0	0	140	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	0	120	0	40	0	0	0	40
<i>Fragilariopsis</i> sp.	20	0	260	0	80	60	0	100	0
<i>Gomphonema margaritae</i>	120	0	80	0	0	120	0	120	60
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	0	40	60	0	20	120	20	20	60
<i>Licmophora antarctica</i>	0	120	160	0	20	160	0	80	0
<i>Navicula</i> sp.	0	160	60	40	0	200	0	180	60
<i>Navicula directa</i>	20	20	0	20	0	0	0	0	20
<i>Nitzschia</i> sp.	0	80	40	0	0	0	0	20	0
<i>Odontella weissflogii</i>	0	160	80	0	0	0	0	0	0
<i>Pennales</i>	40	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	300	0	0	20	0	40	0
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	40	40	0	0	0	160	0	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	0	60	0	0	0	60	0	0	0
<i>Thalassiosira antarctica</i>	0	120	40	40	40	0	0	20	0
<i>Thalassiosira anguste lineata</i>	0	0	0	0	0	60	0	0	0

<i>Thalassiosira delicatula</i>	80	320	2040	40	500	2040	0	520	1360
<i>Thalassiothrix antarctica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Trichotoxon reinboldii</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0
DINOFLAGELADOS									
<i>Amphidinium sp</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Diplopeltopsis sp.</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodiales</i>	40	0	0	40	40	0	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	60	20	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium lachryma</i>	80	0	80	0	0	0	0	60	20
<i>Gyrodinium sp.</i>	160	80	100	160	240	240	0	220	160
<i>Oxytoxum sp.</i>	0	20	40	0	0	0	0	0	0
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	300	120	220	0	240	280	0	100	140
<i>Protoperidinium applanatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Protoperidinium defectum</i>	0	200	80	0	40	220	0	80	20
<i>Protoperidinium sp.</i>	0	60	60	0	0	0	0	0	80
SILICOFLAGELADOS									
<i>Dictyocha speculum</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0
NANOFLAGELADOS									
<i>Leucocryptos marina</i>	0	0	80	0	10053	160	0	6032	3016
<i>Microflagelados sp.</i>	15080	33175	3519	15080	15080	6032	4021	29154	13069

ANEXO 11. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XIX, verano 2010. N° cel/L (15m).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Achnanthes brevipes</i>	0	20	40	0	0	0	0	40	40	20	80
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Amphiprora</i> sp.	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Chaetoceros gelidus</i> (= <i>C. socialis</i>)	1140	80	880	0	0	0	140	13080	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	0	20	20	20	20	40	60	100	60	0	220
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	0	20	0	0	20	40	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Eucampia Antarctica</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	20	0	60	0	0	0	80	0	0	0
<i>Fragilaropsis</i> sp.	40	40	0	0	0	80	60	0	0	0	20
<i>Gomphonema margaritae</i>	0	40	180	80	20	40	80	0	40	40	320
<i>Grammatophora angulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	20	0	20	0	0	0	20	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	0	80	0	20	20	20	0	0	140	60	0
<i>Licmophora antarctica</i>	20	20	20	0	0	20	40	160	0	0	80
<i>Navicula</i> sp.	20	20	80	80	40	100	40	240	40	100	240
<i>Navicula directa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
<i>Nitzschia</i> cf. <i>reversa</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	20	100	40	40	0	0	60	60	0	0
<i>Pennales</i>	0	20	0	20	0	0	0	0	0	0	20
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	20	20	0	0	0	20	0	0	60
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	0	80	0	0	0	100	0	0	0	0	0

<i>Rhizosolenia truncata</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Thalassiosira antarctica</i>	40	0	40	0	20	60	0	20	40	20	20
<i>Thalassiosira delicatula</i>	180	300	1680	0	960	600	180	260	500	640	100
<i>Thalassiothrix antarctica</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Trichotoxon reinboldii</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	60	0	0
DINOFLAGELADOS											
<i>Amphidinium sp</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnodiales	0	0	80	0	40	0	0	120	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	20	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium lachryma</i>	0	0	0	20	20	20	0	60	0	0	0
<i>Gyrodinium sp.</i>	0	20	320	20	220	260	100	260	240	360	160
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	60	0	160	100	160	560	80	80	200	160	320
<i>Prorocentrum antarcticum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Protoperidinium applanatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Protoperidinium defectum</i>	20	0	220	60	0	160	0	80	60	0	140
<i>Protoperidinium sp.</i>	160	0	0	0	0	0	20	0	20	0	140
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	6032	0	11058	0	7037	10053	0	0	2513	260	4021
<i>Microflagelados sp.</i>	15080	5027	25133	14074	9048	10053	3016	3016	17090	5027	15080

ANEXO 12. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XIX, verano 2010. N° cel/L (superficie).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Achnanthes brevipes</i>	20	0	0	0	40	0	0	0	220	80	100
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphiprora</i> sp.	0	20	0	0	40	0	0	0	0	20	20
<i>Chaetoceros gelidus</i> (=C. <i>socialis</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
<i>Cocconeis</i> sp.	0	0	0	60	0	40	0	0	260	40	120
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	0	40	0	60	40	20	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	20	0	40
<i>Fragilaropsis</i> sp.	0	0	0	80	20	40	0	200	60	80	160
<i>Gomphonema margaritae</i>	40	0	40	120	220	120	240	100	1000	260	360
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	0	0	0	0	40	40	0	0	40	100	60
<i>Licmophora antarctica</i>	40	20	0	40	20	0	40	800	140	0	80
<i>Navicula</i> sp.	140	20	100	2280	260	200	500	960	1520	160	680
<i>Navicula directa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Nitzschia</i> cf. <i>reversa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	0	0	80	60
<i>Odontella weissflogii</i>	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pennales</i>	40	20	0	40	0	0	0	0	0	40	60
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	0	0	0	0	20	60	0	0	0	160	0
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	0	60	0	20	0	0	0	40	400	0	80
<i>Thalassiosira antarctica</i>	0	0	20	0	0	0	40	40	0	0	40
<i>Thalassiosira delicatula</i>	180	0	0	0	400	160	120	20	960	380	240

DINOFLAGELADOS											
<i>Gyrodinium lachryma</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium sp.</i>	0	0	20	200	80	1280	40	0	20	80	60
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	60	0	0	0	80	0	80	80	220	60	80
<i>Prorocentrum antarcticum</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium defectum</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	520	0	60
<i>Protoperidinium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	0	0	0	0	5027	14326	0	3519	0	40	4021
<i>Microflagelados sp.</i>	6032	12818	7037	10053	27143	26389	9048	8042	17090	16085	9048

ANEXO 13. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XX, verano 2012. N° cel/L (20m).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	40	0	0	0	80	0	0	0	0	0
<i>Asteromphalus hooekery</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis sp</i>	0	0	0	0	0	0	20	20	20	0	0
<i>Corethron pennatum (=C. criophilum)</i>	280	180	360	100	160	240	260	40	40	140	140
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca gracilis</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Gomphonema margaritae</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Grammatophora sp</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma sp</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	280	260	100	220	100	200	120	20	0	40	0
<i>Licmophora antarctica</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.</i>	2273	1364	0	140	0	0	909	0	0	0	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia cf. ventricosa</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia sp</i>	455	100	400	40	0	140	0	0	0	0	0
<i>Porosira glacialis</i>	380	640	420	360	100	240	340	280	120	240	580
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	700	640	280	360	140	220	180	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira antarctica</i>	1140	9560	1960	1620	1260	2840	2380	0	0	80	60
<i>Thalassiosira delicatula</i>	5760	740	160	220	80	140	1029	0	0	1120	240
<i>Thalassiosira sp.</i>	6398	7020	4200	4640	1980	11920	10600	260	560	1720	340
<i>Trachyneis sp.</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tropidoneis antarctica</i>	20	20	0	0	20	20	20	0	0	0	0
DINOFLAGELADOS											

<i>Amphidinium sp</i>	40	0	0	0	0	909	0	0	0	0	0
<i>Diplopeltopsis sp.</i>	0	0	0	20	0	0	0	20	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	62	1818	455	100	60	140	100	20	0	0	0
<i>Gyrodinium lachryma</i>	460	360	840	140	140	140	320	200	60	180	40
<i>Oxytoxum sp</i>	0	0	0	140	909	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium defectum</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	1362	0	0	0	0	0	0	67664	13012	0	0
<i>Microflagelado sp.</i>	14349	17730	14290	5160	53886	35153	32176	298887	127318	7986	2315
COCOLITOFORIDOS											
<i>Emiliana huxleyi</i>	0	0	455	0	0	455	0	0	0	0	0

ANEXO 14. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XX, verano 2012. N° cel/L (10m).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Actinocyclus sp.</i>	0	0	0	80	0	0	0	20	0	0	0
<i>Achnanthes sp.</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora sp.</i>	0	0	40	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Asteromphalus hooekery</i>	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis sp</i>	0	100	0	0	20	40	0	20	0	0	0
<i>Corethron pennatum (=C. criophilum)</i>	440	180	160	60	100	280	100	0	200	160	20
<i>Cylindrotheca gracilis</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	0	60	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Gomphonema margaritae</i>	0	100	0	160	0	20	140	0	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma sp</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	140	140	60	60	40	100	100	0	120	60	40
<i>Licmophora antarctica</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp.</i>	0	1364	0	280	0	0	0	80	0	0	0
<i>Nitzschia sp</i>	140	220	0	100	40	100	20	0	40	0	0
<i>Porosira glacialis</i>	480	560	180	200	100	20	600	260	80	380	980
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	340	620	100	120	200	40	200	0	60	40	0
<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira antarctica</i>	360	3800	1920	920	1820	1360	2480	0	0	200	840
<i>Thalassiosira delicatula</i>	4471	620	0	40	0	0	0	0	0	420	1960
<i>Thalassiosira sp.</i>	409	9640	5880	1660	2660	2820	2920	440	480	680	300
<i>Trichotoxum reinboldii</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tropidoneis antarctica</i>	0	60	0	0	20	0	20	0	0	0	0
DINOFLAGELADOS											

<i>Amphidinium sp</i>	455	100	0	0	0	909	0	0	0	0	0
<i>Diplopeltopsis sp.</i>	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	40	0	40	100	20	120	0	40	455	0
<i>Gyrodinium lachryma</i>	220	300	380	60	160	320	420	120	660	80	160
<i>Oxytoxum sp</i>	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SILICOFLAGELADOS											
<i>Dictyocha crux</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	1818	455	0	0	0	0	0	19085	39904	0	0
<i>Microflagelado sp.</i>	6240	11865	34297	5237	24527	16483	14636	107906	123603	7800	9538
COCOLITOFORIDOS											
<i>Emiliana huxleyi</i>	1364	0	0	0	0	1364	1364	0	0	0	909

ANEXO 15. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XX, verano 2012. N° cel/L (superficie).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Actinocyclus sp.</i>	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis sp</i>	100	0	0	60	40	20	0	0	0	0	0
<i>Corethron pennatum</i> (= <i>C. criophilum</i>)	120	20	0	40	200	80	0	0	20	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema margaritae</i>	0	0	20	60	60	0	0	20	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma spencerii</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma sp</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	280	140	20	60	140	40	20	80	0	40	40
<i>Navicula sp.</i>	909	0	0	515	0	40	40	20	0	0	0
<i>Nitzschia sp</i>	20	60	0	320	100	40	0	60	0	0	0
<i>Pleurosigma sp</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porosira glacialis</i>	940	360	1060	1300	420	1000	760	240	300	1360	1140
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	320	180	40	480	520	340	120	0	0	60	60
<i>Thalassiosira antarctica</i>	580	5080	700	0	600	860	200	0	0	100	0
<i>Thalassiosira delicatula</i>	20002	480	0	240	160	200	100	0	0	300	1160
<i>Thalassiosira sp.</i>	2360	7200	800	6120	2440	2340	860	40	140	40	140
<i>Trichotoxum reinboldii</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tropidoneis antarctica</i>	180	0	0	0	20	0	20	0	0	0	0
DINOFLAGELADOS											
<i>Amphidinium sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Diplopeltopsis sp.</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Gymnodinium sp.</i>	420	909	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Gyrodinium lachryma</i>	120	0	20	0	120	20	40	0	40	0	20
<i>Oxytoxum sp</i>	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	2736	0	0	0	0	0	0	7374	40772	0	0
<i>Microflagelado sp.</i>	13638	554	0	1955	18611	1820	2235	24276	367738	1400	2009
COCOLITOFORIDOS											
<i>Emiliania huxleyi</i>	3637	0	0	0	0	909	455	0	0	909	0

ANEXO 16. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XXI, verano 2013. N° cel/L (20m).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Actinocyclus sp.</i>	100	60	40	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis sp</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron pennatum (=C. criophilum)</i>	40	80	60	0	40	80	20	0	100	80	20
<i>Chaetoceros socialis</i>	0	680	80	0	0	0	0	620	2000	820	100
<i>Chaetoceros sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	440	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	0	0	0	0	60	0	40	0	60	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	60	20	360	0	20	20	60	40	0	0	0
<i>Gomphonema margaritae</i>	0	100	40	40	20	60	60	0	0	100	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Gyrosigma sp</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	20
<i>Haslea trompii</i>	0	60	20	0	60	0	60	0	0	40	0
<i>Licmophora antarctica</i>	0	0	0	0	40	20	0	0	20	0	0
<i>Navicula sp.</i>	60	40	80	40	40	0	0	80	40	80	0
<i>Nitzschia sp</i>	40	120	60	0	60	0	60	0	0	0	80
<i>Odontella litigiosa</i>	0	0	0	660	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pennales</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0	20
<i>Pinnularia sp.</i>	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porosira glacialis</i>	900	360	2300	40	1280	1100	520	320	0	160	300
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	142	1860	0	340	2500	1500	1940	1460	1620	2080	1940
<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Thalassiosira antarctica</i>	80	340	0	460	0	300	460	120	560	140	300
<i>Thalassiosira delicatula</i>	5120	4020	6820	8220	9040	6140	10020	8640	4320	4060	5440
DINOFLAGELADOS											
<i>Diplopeltopsis sp.</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	0	1364	0	0	0	0	0	455	760	2579
<i>Gyrodinium lachryma</i>	120	60	100	20	60	40	120	0	40	20	580
SILICOFLAGELADOS											
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microflagelado sp.</i>	909	3182	0	0	909	6364	5454	5000	4091	2727	0

ANEXO 17. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XXI, verano 2013. N° cel/L (10m).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Actinocyclus sp.</i>	0	40	0	0	20	0	20	0	0	0	20
<i>Corethron pennatum</i> (=C. criophilum)	0	40	80	0	40	20	20	0	80	0	40
<i>Chaetoceros socialis</i>	0	0	0	1100	0	0	0	0	0	0	880
<i>Cylindrotheca closterium</i>	20	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	40	120	40	120	0	140	0	0	0	40
<i>Gomphonema margaritae</i>	40	0	40	0	0	0	0	40	60	20	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Gyrosigma sp</i>	0	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	60	20	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Licmophora antarctica</i>	0	20	0	40	40	0	0	20	0	0	0
<i>Navicula sp.</i>	320	0	909	0	0	0	180	0	0	0	300
<i>Nitzschia sp</i>	909	60	60	0	120	0	0	40	0	0	0
<i>Porosira glacialis</i>	860	300	820	1020	480	380	1100	300	120	80	420
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	1740	1500	1120	760	1780	360	1500	940	460	820	880
<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0
<i>Thalassiosira antarctica</i>	740	120	520	0	300	180	620	320	40	240	1220
<i>Thalassiosira delicatula</i>	4040	4400	4740	4540	3020	2640	3660	2620	2340	1700	3560
DINOFLAGELADOS											
<i>Diplopeltopsis sp</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	455	8520	220
<i>Gyrodinium lachryma</i>	20	60	0	80	120	60	200	100	0	60	100
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	909	0	0	0	455	0	0	0	0	0	0
<i>Microflagelado sp.</i>	0	909	4091	3636	4545	1818	1818	11818	1818	6818	5454
COCOLITOFORIDOS											
<i>Emiliania huxleyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	455

ANEXO 18. Fitoplancton de la Ensenada Mackellar durante el crucero ANTAR XXI, verano 2013. N° cel/L (superficie).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
DIATOMEAS											
<i>Cocconeis sp</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron pennatum (=C. criophilum)</i>	20	20	0	0	80	0	0	0	60	0	0
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	0	0	60	40	120	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema margaritae</i>	40	100	80	0	40	0	0	20	60	160	60
<i>Gyrosigma sp</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea trompii</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora antarctica</i>	0	0	400	0	0	0	0	0	0	20	60
<i>Navicula sp.</i>	0	0	60	60	40	909	40	100	0	80	3182
<i>Nitzschia sp</i>	0	0	60	40	140	80	0	0	0	0	0
<i>Pennales</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Pinnularia sp.</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porosira glacialis</i>	980	620	820	260	600	1360	1060	360	1080	940	440
<i>Pseudonitzschia grupo delicatissima</i>	740	620	920	140	0	700	300	660	3300	1200	400
<i>Thalassiosira antarctica</i>	60	0	240	0	140	0	0	0	440	0	0
<i>Thalassiosira delicatula</i>	2700	940	3040	1660	4340	2300	1560	2120	11240	3280	1680
DINOFLAGELADOS											
<i>Gymnodinium sp.</i>	160	0	0	0	0	0	0	0	0	26363	0
<i>Gyrodinium lachryma</i>	60	0	0	0	20	20	20	0	0	0	0
SILICOFLAGELADOS											
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
NANOFLAGELADOS											
<i>Leucocryptos marina</i>	909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microflagelado sp.</i>	0	0	1364	0	1364	909	0	909	3182	909	0
COCOLITOFORIDOS											
<i>Emiliania huxleyi</i>	0	0	909	0	0	0	455	0	0	0	0

Anexo 19. Lista de especies de diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, nanoflagelados y cocolitoforido a tres profundidades durante los veranos 2008, 2010, 2012 y 2013. Leyenda: S=superficie, M=medio, F=fondo, x=presencia, celda vacía=ausencia.

Nº	Diatomeas	Verano 2008			Verano 2010			Verano 2012			Verano 2013		
		Sup	Med	Fon	0	15	30	0m	10m	20m	0m	10m	20m
1	<i>Actinocyclus actinochilus</i>	x	x	x		x	x		x	x			
2	<i>Actinocyclus</i> sp.	x	x		x	x		x	x			x	x
3	<i>Actinoptychus senarius</i>	x	x										
4	<i>Achnanthes brevipes</i>	x	x	x	x	x	x		x				
5	<i>Amphora</i> sp.	x	x	x		x	x		x				
6	<i>Amphiprora</i> sp.	x	x	x	x	x	x						
7	<i>Asteromphalus hoockerii</i>								x	x			
8	<i>Banquisia</i> sp.		x										
9	<i>Corethron pennatum</i> (=C. <i>criophilum</i>)	x	x	x				x	x	x	x	x	x
10	<i>Chaetoceros criophilum</i>		x	x									
11	<i>Chaetoceros neglectum</i>		x										
12	<i>Chaetoceros gelidus</i> (=C. <i>socialis</i>)	x	x	x	x	x	x					x	x
13	<i>Chaetoceros</i> sp.	x		x									x
14	<i>Cocconeis placentula</i>								x				
15	<i>Cocconeis</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
16	<i>Coscinodiscus perforatus</i>				x	x							
17	<i>Coscinodiscus radiatus</i>			x									
18	<i>Coscinodiscus</i> sp.	x	x	x	x	x							
19	<i>Cyclotella</i> sp.	x	x	x									
20	<i>Cylindrotheca closterium</i>		x		x	x	x			x		x	x
21	<i>Cylindrotheca gracilis</i>								x	x			
22	<i>Dactyliosolen antarcticus</i>	x	x										
23	<i>Diploneis</i> sp.				x	x							
24	<i>Eucampia antarctica</i>	x	x	x		x	x						
25	<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	x	x	x			x					x	x
26	<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
27	<i>Fragilariopsis</i> sp.		x	x	x	x	x						
28	<i>Gomphonema margaritae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
29	<i>Grammatophora angulosa</i>	x	x	x		x							
30	<i>Grammatophora marina</i>	x	x	x					x				
31	<i>Grammatophora</i> sp.		x							x			
32	<i>Gyrosigma fasciola</i>	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
33	<i>Gyrosigma spencerii</i>							x					
34	<i>Gyrosigma</i> sp.	x	x	x				x	x	x	x	x	x
35	<i>Haslea trompii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
36	<i>Licmophora antarctica</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
37	<i>Manguinea</i> sp.	x	x	x									

38	<i>Navicula transitans</i>	x	x	x								
39	<i>Navicula directa</i>	x	x	x	x	x	x					
40	<i>Navicula</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
41	<i>Nitzschia longissima</i>	x	x	x						x		
42	<i>Nitzschia ventricosa</i>									x		
43	<i>Nitzschia</i> cf. <i>reversa</i>				x	x						
44	<i>Nitzschia</i> sp.				x	x	x	x	x	x	x	x
45	<i>Odontella litigiosa</i>	x	x	x								x
46	<i>Odontella weissflogii</i>			x	x		x					
47	<i>Pinnularia</i> sp.										x	x
48	<i>Pleurosigma</i> sp.	x		x	x	x	x	x				
49	<i>Porosira glacialis</i>							x	x	x	x	x
50	<i>Proboscia alata</i>						x					
51	<i>Pseudonitzschia</i> sp.		x	x				x	x	x	x	x
52	<i>Pseudonitzschia</i> grupo <i>delicatissima</i>	x	x	x	x	x	x				x	x
53	<i>Pseudonitzschia</i> grupo <i>seriata</i>	x	x	x								
54	<i>Pseudonitzschia subcurvata</i>							x	x	x		
55	<i>Rhizosolenia chunii</i>		x									
56	<i>Rhizosolenia truncata</i>	x	x	x		x						
57	<i>Rhizosolenia</i> sp.		x	x					x	x	x	x
58	<i>Thalassionema nitzschioides</i>				x	x	x					
59	<i>Thalassiosira anguste lineata</i>						x					
60	<i>Thalassiosira antarctica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
61	<i>Thalassiosira condensata</i>							x	x	x		
62	<i>Thalassiosira delicatula</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
63	<i>Thalassiosira</i> sp.	x	x	x				x	x	x		
64	<i>Thalassiothrix antarctica</i>					x	x					
65	<i>Trachyneis</i> sp.									x		
66	<i>Trichotoxon reinboldii</i>	x	x	x		x	x	x	x			
67	<i>Tropidoneis antarctica</i>							x	x	x		
68	Pennales				x	x	x				x	x
Dinoflagelados												
1	<i>Amphidinium hadai</i>	x	x	x		x	x	x	x	x		
2	<i>Ceratium furca</i> (= <i>Triplos furca</i>)						x					
3	<i>Diplopeltopsis</i> sp.			x			x	x	x	x	x	x
4	<i>Gymnodiales</i> sp.					x	x					
5	<i>Gymnodinium</i> sp.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
6	<i>Gyrodinium lachryma</i>			x	x	x	x	x	x	x	x	x
7	<i>Gyrodinium</i> sp.	x	x	x	x	x	x					
8	<i>Oxytoxum</i> sp.						x	x	x	x		
9	<i>Pronoctiluca pelagica</i>	x	x	x	x	x	x					
10	<i>Prorocentrum antarcticum</i>	x	x	x	x	x						
11	<i>Protoperidinium applanatum</i>		x	x		x	x					
12	<i>Protoperidinium archiovatum</i>	x	x									
13	<i>Protoperidinium defectum</i>	x	x	x	x	x	x			x		
14	<i>Protoperidinium</i> sp.		x		x	x	x					

